

ATELIER SUR LA TARIFICATION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE A USAGE AGRICOLE (Note de synthèse)

El Houssain BAALI

L'énergie électrique, comme facteur de production, constitue un coût qui pèse de plus en plus lourd dans les charges d'exploitation, d'où la nécessité de rechercher des possibilités d'économies. Ces possibilités dépendent directement du tarif appliqué à cette énergie.

L'application de modes de tarification spécifiques au secteur agricole depuis 1989 a souvent permis aux usagers de l'énergie électrique de réaliser des gains considérables sur le coût de l'énergie. Ceci est rendu possible en procédant par une approche qui tend à concilier l'objectif de l'organisme électricien qui est de réduire la pointe et celui de ses clients qui est de disposer d'une puissance suffisante lorsqu'ils en ont besoin et à des coûts à leur portée.

Cependant les divers modes de tarification introduits jusqu'ici requièrent une maîtrise poussée de la structure de la demande d'électricité. De plus les choix optimaux qui conduisent à des factures réduites ne sont pas toujours réalistes.

La suppression du MT4 à la fin de cette année va limiter les choix des utilisateurs de l'énergie électrique en agriculture. Cette suppression a d'ailleurs été conditionnée par la mise sur pied d'un nouveau mode de tarification plus adapté aux usagers agricoles.

Dans le but de débattre d'un mode de tarification qui tienne compte de toutes les contraintes, le comité technique " énergie et électrification rurale " de l'ANAFID a initié un atelier sous le thème " Tarification de l'énergie électrique pour le secteur agricole ". L'atelier organisé conjointement par l'ANAFID et l'ORMVA des Doukkala s'est déroulé le vendredi 12 octobre 2001 selon le programme ci-après :

Matin

Ouverture

- Discours introductif : M. Ali Moulid, Directeur de l'ORMVA des Doukkala
- Introduction et programme de la journée: M. El Houssain Baali (ANAFID)

Aspects généraux

- Historique de la Tarification de l'énergie électrique à usage agricole, comparaison de divers tarifs et proposition d'une plate forme pour un nouveau tarif : M. Larbi Khajour

Etudes de cas

- Evaluation des systèmes de tarification de l'énergie électrique à usage agricole : M. Lyamani (ORMVAD)
- Impact du MT4 et du MT vert sur les dépenses énergétiques de l'ORMVAL et possibilité d'effacement : M. Oumlal (ORMVAL)

Après Midi

Débat

- les caractéristiques des modes de tarification actuels
- vers un nouveau tarif plus adapté à l'usage agricole de l'énergie électrique

Recommandations et clôture

Ont participé à cet atelier une trentaine de cadres directement concernés par le thème de l'atelier et représentant :

- Le privé : 1 agriculteur
- Les associations : ACAF, Figuig
- Le CDER
- Faculté des sciences de Casablanca
- Les ORMVA : Doukkala, Loukkos, Ouarzazate, Tadla, Gharb et Sous Massa
- La SOGETA
- L'IAV Hassan II
- L'ANAFID

De l'avis de tous les intervenants qui ont salué l'initiative de l'ANAFID pour avoir pensé à ce thème, il y avait grand besoin à l'organisation de cet atelier. En effet, il y a exactement une année jour pour jour que la réunion du 12.10.2000 a conclu à la suppression du MT4 fin 2001. Les intervenants ont souhaité la présence de représentants de l'ONE pour enrichir le débat et orienter les recommandations de façon à prendre en compte les contraintes des deux parties : les fournisseurs et les clients.

Le débat a concerné trois axes :

- 1- La suppression du MT4 et la limitation du choix des utilisateurs : Avant comme après l'adoption de ce mode de tarification en 1989, beaucoup d'utilisateurs se sont équipés de moyens techniques leurs permettant d'en tirer profit. Leurs cadres se sont également investis dans l'optimisation de la souscription. Il serait donc souhaitable de garder possible ce choix que les agents commencent à maîtriser et d'introduire d'autres qui pourraient intéresser d'autres utilisateurs.
- 2- L'amendement du MT vert pour palier à certains inconvénients qu'il présente pour quelques utilisateurs : Malgré la souplesse de mise en œuvre qu'il présente, ce mode de tarification nécessite certains ajustements, notamment relatifs aux délimitations des postes horaires et des saisons. L'adoption de ce mode avec

effacement ne permet que des gains inférieurs à 6% de la facture globale.

- 3- L'introduction de nouveaux modes tarifaires à même de répondre aux souhaits de tous les groupes de consommateurs : l'hétérogénéité des groupes de consommateurs de l'énergie électrique en agriculture suppose la mise à leur disposition d'un système tarifaire des plus variés offrant des modes adaptés à chaque groupe. L'intégration de la région et de la vocation agricole et du type de gestion de l'irrigation permettrait d'aboutir à des solutions acceptables par tous. La plate-forme proposée par l'Administration du Génie Rural, lors de cet atelier, devra être reprise, enrichie et présentée aux offices de mise en valeur agricole pour approbation. Elle pourrait constituer un premier nouveau mode de tarification adapté à l'utilisation en collectif du réseau d'irrigation.

Recommandations

- 1- Donner suite aux travaux de cet atelier et examiner avec l'ONE la possibilité de doter le secteur agricole avec un grand choix de modes tarifaires pouvant compenser l'hétérogénéité des groupes d'utilisateurs : utilisation collective, individuelle, régions, vocations agricoles, ...
- 2- Examiner les possibilités d'amélioration du Tarif MT vert de façon à l'adapter aux spécificités régionales des utilisateurs notamment la délimitation des heures de pointe en été et la détermination des saisons (mois de mars et novembre) ainsi que l'ajout d'au moins une option longue durée.
- 3- Proposer de nouveaux modes de tarification dont au moins un avant l'extinction du MT4 en prenant comme base la proposition présentée par l'AGR lors de cet atelier.
- 4- Continuer à traiter cette problématique au niveau du comité technique spécialisé de l'ANAFID.

COMITE D'ORGANISATION

- | | |
|------------------------------|---------------|
| - E.H. BAALI : coordonnateur | - M. BOUAM |
| - H.EL MAHRAZ | - T. MAHMOUDI |
| - A. RBAIBI | - L. ZIDI |

PARTICIPANTS DE L'ANAFID A L'ATELIER

- E. H BARTALI
- E.H. BAALI
- A. RBAIBI

EVALUATION DES SYSTEMES DE TARIFICATION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE APPLIQUES AUX USAGERS AGRICOLES

M. LYAMANI¹

I. INTRODUCTION

Parallèlement au tarif général, deux modes de tarification à usage agricole ont été instaurés au Maroc depuis 1989. Il s'agit du tarif MT4 et du tarif vert. Ces tarifs offrent une tarification différente de l'électricité en fonction des postes horo-saisonniers.

L'application en Mai 1989 du premier tarif à usage agricole dit MT4 a permis aux usagers agricoles de réaliser des gains relativement importants sur le coût de l'énergie par rapport au tarif général. Cependant, ce mode de tarification appliqué à titre provisoire présente certaines "insuffisances" liées surtout au mode de calcul de la redevance fixe.

En novembre 1997, l'ONE a introduit un nouveau système de tarification à usage agricole intitulé tarif vert similaire au tarif MT4 avec deux modifications essentielles à savoir :

- un tarif pour les heures de pointe différent du tarif du reste de la journée (tarif normal)

- les puissances souscrites ne sont plus fixées par l'abonné au début du mois d'octobre du fait que la redevance fixe est calculée directement à partir de la puissance appelée maximale.

En octobre 2000 et suite à la décision royale de faire baisser les tarifs de l'électricité, la commission interministérielle des prix s'est réunie pour discuter les modalités d'application de cette décision. Cette commission a parvenu à un accord visant la réduction en moyenne du tarif général de 17%, du tarif vert de 14 % et du tarif MT4 de 10%. Par la même occasion, la commission a décidé de supprimer le tarif MT4 à partir du premier janvier 2002 et de lancer une étude pour la

recherche d'un nouveau système tarifaire plus approprié pour le secteur agricole.

Le présent rapport s'inscrit dans ce cadre et se propose d'examiner les points suivants:

- Présentation des coûts de l'énergie constatés au niveau du Périmètre des Abda-Doukkala ;

- Evaluation des systèmes de tarification appliqués aux usagers agricoles ;

- Définition des contraintes liées à l'application des systèmes de tarification à usage agricole ;

- Contribution à la recherche des conditions d'abonnement les plus économiques et les plus adaptées pour le secteur agricole ;

II. DEMARCHE ADOPTEE

Pour l'évaluation des systèmes de tarification MTG, MT4 et TV, un modèle de simulation a été élaboré à cet effet. Cette simulation se base sur la consommation mensuelle en kwh relevée sur les factures énergétiques et sur les puissances appelées et les puissances souscrites durant la période 1996-2000.

En vue d'apprécier l'effet des paramètres: puissances souscrites, mode d'abonnement et durée de consommation de l'énergie et l'effet de la dernière baisse tarifaire, la simulation a été conduite en prix constant selon les tarifs appliqués avant et après octobre 2000.

Nous avons utilisé le menu solveur du logiciel Excel pour optimiser et évaluer les puissances souscrites des stations de pompage de l'ORMVAD. Pour le tarif général, la facture énergétique a été calculée sur la base des mêmes puissances souscrites par l'ORMVAD durant la période 1996-2000.

En absence d'un mode tarifaire

spécifique aux usagers agricoles pour la station de pompage Haut Service alimentée par le réseau électrique haut tension (60 Kw), on s'est limité à une évaluation des systèmes de tarification moyens tension appliqués aux usagers agricoles.

III . PRESENTATION DES COUTS DE L'ENERGIE CONSTATES

Au Niveau Périmètre des Doukkala

Situées à 100 Km au Sud de Casablanca, et faisant partie de la région Abda-Doukkala, la zone d'action de l'ORMVAD s'étend sur une superficie totale de 550.000 Ha..

Le plan directeur d'aménagement du bassin de l'Oum Er-Rbia prévoit l'irrigation à terme de 125.000 ha dans les pleines des Abda-Doukkala, répartis entre deux périmètres :

- Périmètre Bas Service : 61.000 ha

- Périmètre Haut Service : 64.000 ha

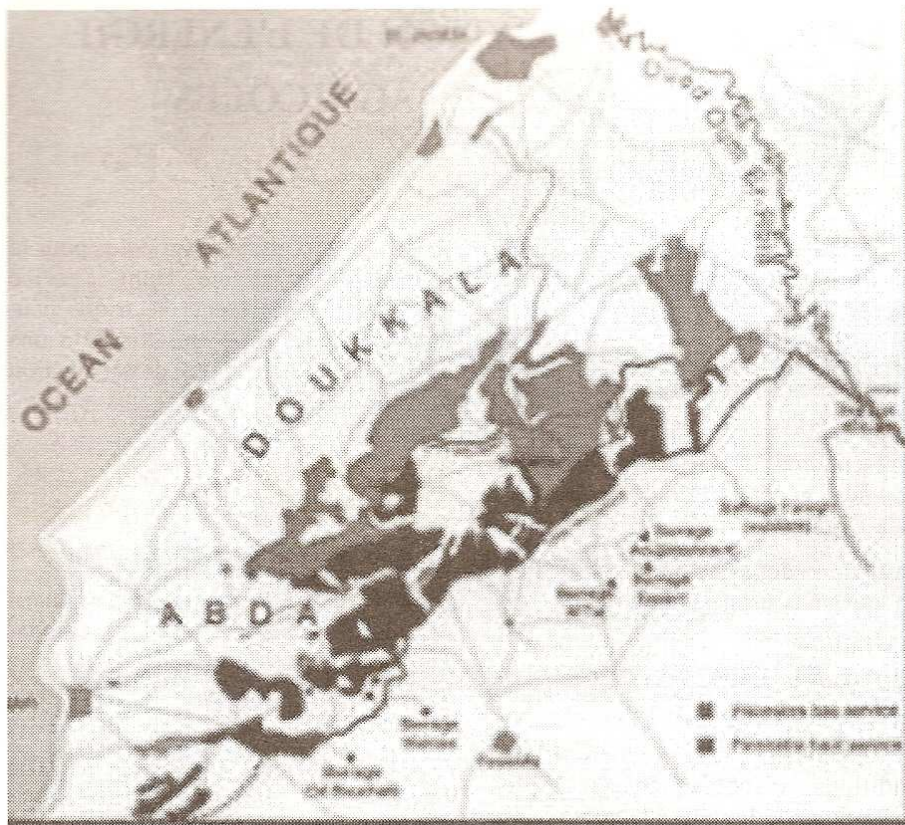
L'irrigation est assurée par la mobilisation des eaux superficielles à partir d'Oued-ER- Rbia, régularisées par le barrage Al MASSIRA et dérivées par le barrage Imfout.

Au niveau du Périmètre Bas Service, 44.000 ha sont desservis à partir de 13 stations de pompage dont 11 stations de mise en pression et 2 de relevage, totalisant ainsi une puissance de 40 Mw et une hauteur manométrique moyenne de 60 m.

Au niveau du Périmètre Haut Service, plus de 16.000 ha sont irrigués à ce jour à partir de la station de relevage qui est destinée à couvrir une superficie de 64.000 ha. Cette station est équipée de 12 groupes d'un débit unitaire de 3.17 m³/s, d'une puissance totale de 24 MW et une hauteur manométrique de 41 m.

Les stations de pompage sont généralement situées en bordure

¹ - Ingénieur à l'ORMVAD

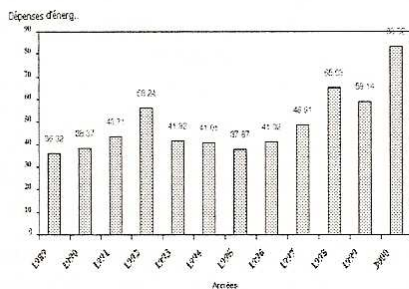


Délimitation du périmètre de l'ORMVAD

immédiate du Canal Principal, à l'exception des stations Z0, Nord, Ouest1, Ouest2 et Bir Al Abid pour lesquelles l'eau est acheminée par l'intermédiaire d'un adducteur.

Représentant en moyenne 50 Millions de dirhames sur les 12 dernières années et près de 40% des dépenses de fonctionnement et de la redevance en eau, la consommation de l'énergie électrique des stations de pompage n'a cessé d'augmenter depuis 1989. Le graphique ci après montre que les dépenses d'énergie ont passé de 36 Mdh en 1989 à plus de 80 Mdh en 2000.

EVOLUTION DES DEPENSES D'ENERGIE DES STATIONS DE POMPAGE DE L'ORMVAD



Cette augmentation importante des dépenses d'énergie est principalement

liée aux conditions suivantes à savoir:

- les conditions climatiques très défavorables qu'a connu la région des Doukkala pendant les années 1992, 1998, 1999 et 2000 en raisons des années de sécheresse . Ces conditions, conjuguées à la structure du tarif MT4 très pénalisante en hiver, ont contribué à une augmentation des dépenses de l'énergie des stations de pompage.

- Augmentation des tarifs de l'énergie entre 1993 et 1996. En effet, l'ensemble des prix ont augmenté en avril 1993 et avril 1994 respectivement avec de l'ordre de 6% et 6,7 %. En janvier 1996,

le prix de vente du tarif MT4 a connu une augmentation de 0,0214 Dh/Kwh appliquée de manière uniforme sur la redevance de consommation et qui correspond à une taxe destinée au financement du développement de l'électrification rurale décidée par le Gouvernement.

- La mise en service progressive de la station de pompage du Haut service à partir de Mai 1998 a contribué à une augmentation sensible des dépenses de l'énergie.

Devant l'importance croissante de la part de l'énergie dans le service de l'eau (près de 36 % pendant l'exercice 99/00), Il s'avère nécessaire d'examiner toutes les pistes possibles pour la recherche des solutions techniques, organisationnelles et tarifaires aboutissant à une réduction des frais de l'énergie. Parmi ces pistes figure l'adoption d'un système tarifaire plus adapté aux exigences et aléas du secteur agricole.

IV. EVALUATION DES SYSTEMES DE TARIFICATION MT SUR LA BASE DES CONSOMMATIONS REALISEES AU NIVEAU DES STATIONS DE POMPAGE

Pour l'évaluation des systèmes de tarification appliqués pour les usagers agricoles, nous avons procédé par l'analyse des dépenses d'énergie électrique calculées sur la base de la consommation réalisée au niveau des stations de pompage durant la période 1996-2000 selon les tarifs appliqués avant et après Octobre 2000.

La synthèse des résultats est présentée dans le tableau 1 ci-après :

Tableau n° 1 : Evaluation des systèmes de tarification

Cas des stations de pompage de l'ORMVAD
Moyenne sur 5 ans (1996-2000)

En dh

Tarifs ONE	TG	MT4			TV		
		CU	MU	TLU	CU	MU	TLU
avant							
octobre 2000							
Total Général	88.683.855	75.203.318	58.541.337	64.279.100	66.620.235	59.179.373	63.149.774
Mise en pression	78.822.339	67.194.597	52.454.003	57.870.338	59.540.692	53.005.088	56.771.351
Relevage	9.861.516	8.008.721	6.087.334	6.408.762	7.079.543	6.174.284	6.378.423
Octobre 2000							
Total Général	73.547.263	67.625.849	52.687.203	57.851.190	57.641.294	51.499.097	55.492.085
Mise en pression	65.389.710	60.426.792	47.208.602	52.083.304	51.530.131	46.140.493	49.901.605
Relevage	8.157.553	7.199.057	5.478.601	5.767.886	6.111.163	5.358.604	5.590.480

Les simulations entreprises ont fait ressortir les principales remarques suivantes :

- Le tarif général reste toujours le tarif le plus cher par rapport aux autres tarifs,
- Avant l'entrée en vigueur de la baisse des tarifs d'énergie électrique MT, le tarif MT4 était d'une manière générale le tarif le plus économique,
- Après les dernières baisses des tarifs

d'énergie électrique MT, le tarif vert dégage un net avantage par rapport au tarif MT 4.

L'optimisation des coûts d'énergie dépend des conditions climatiques, des décisions prises en matière d'irrigation et du degré de maîtrise des paramètres de souscription. Ces paramètres, à savoir le mode d'abonnement, les puissances souscrites et la durée de consommation en fonction des postes

horo-saisonniers, sont déterminants dans l'économie de l'énergie:

a- Le mode d'abonnement moyenne utilisation (MU) adopté par l'ORMVAD est d'une manière générale moins coûteux par comparaison aux autres tranches de consommation: Très Longue Utilisation (TLU) et Courte Utilisation (CU) et génère moins de risque comme montre le tableau 2 suivant :

Tableau 2 : Evaluation du mode d'abonnement
Moyenne sur 5 ans

Tarif ONE :
Oct.00

Stations de pompage	En dh						
	TG	MT4			TV		
		CU	MU	TLU	CU	MU	TLU
Faregh							
Boulouane	3,905,261	3,462,771	2,734,397	3,099,573	2,996,832	2,757,265	3,126,855
Ext. Faregh	4,121,407	3,825,815	2,944,146	3,195,751	3,182,653	2,799,005	2,929,351
Gharbia							
Nord	4,579,167	4,272,639	3,365,021	3,787,540	3,688,177	3,357,225	3,741,510
Ouest 1	3,724,302	3,441,549	2,740,519	3,114,959	2,938,859	2,696,983	3,037,087
Ouest 2	5,209,905	4,805,861	3,711,708	4,004,323	4,121,846	3,584,928	3,686,921
Sud	4,967,878	4,669,001	3,657,430	4,039,211	4,035,159	3,596,207	3,853,294
Sidi Bennour							
Bir Al Abid	7,027,253	6,157,029	4,668,068	4,896,162	5,222,140	4,571,515	4,758,556
Cuvette Sidi Smail	1,130,300	1,042,029	810,532	871,724	889,024	787,089	831,924
Ext. Sidi Smail	3,149,636	2,793,967	2,232,185	2,513,922	2,441,010	2,182,592	2,356,475
Zemamra							
Z0	14,219,545	13,229,703	10,329,579	11,350,243	11,289,221	10,091,167	10,872,240
Z1	9,369,416	8,700,653	6,775,901	7,422,090	7,338,507	6,568,972	7,088,652
Z2	6,144,223	5,718,342	4,464,161	4,931,555	4,852,753	4,340,775	4,687,780
Z3	5,998,971	5,506,492	4,253,554	4,624,136	4,645,114	4,165,375	4,521,440
Total Général	73,547,263	67,625,849	52,687,203	57,851,190	57,641,294	51,499,097	55,492,085
Total Mise en							
Pression	65,389,710	60,426,792	47,208,602	52,083,304	51,530,131	46,140,493	49,901,605
Total Relevage	8,157,553	7,199,057	5,478,601	5,767,886	6,111,163	5,358,604	5,590,480

Toutefois, en l'absence d'une option longue utilisation (LU), à l'instar du tarif vert Français (similaire au tarif MT4), le choix du mode d'abonnement se limite pratiquement à une seule option MU et le concept mode d'abonnement n'est pas d'un intérêt réel pour l'ORMVAD.

b- Les puissances souscrites sont beaucoup plus maîtrisées par l'ORMVAD à l'aide de l'application informatique élaborée sous Excel Solveur et qui a contribué depuis 1994 à une amélioration importante des performances des stations de pompage,

Toutefois, le choix des puissances souscrites reste tributaire des conditions climatiques:

- Pour une année caractérisée par des mois d'arrêts de fonctionnement des stations de pompage (minimum deux mois d'arrêts) et qui coïncident avec les

relevées ONE, l'ORMVAD à intérêt à souscrire pour la saison d'hiver les puissances les plus faibles autorisées par l'ONE .

- Pour une année " normale " (pas de mois arrêt continu de fonctionnement des stations de pompage), l'utilisation des puissances actuellement souscrit par l'ORMVAD reflète bien la demande des stations de pompage.

En effet, les difficultés de souscription pour le tarif MT4 se posent particulièrement pendant la saison d'hiver, par absence d'une régularité de la demande dû souvent à un arrêt continu de l'irrigation et d'autre part au coût élevé du Kw souscrit pendant l'hiver par rapport à l'été (75% plus chère pour la redevance de puissance et 4 fois plus coûteux pour la redevance de dépassement des puissances souscrites).

Par contre, en été, les puissances souscrites n'influent qu'à raison de 25% le montant des redevances de puissances et celui du dépassement des puissances souscrites.

Néanmoins, les efforts doivent s'orienter beaucoup plus vers une réduction de la demande pendant la saison d'hiver.

Pour le tarif vert, l'abonné n'est pas appelé à faire une souscription des puissances au mois d'octobre du fait que la redevance fixe est calculée à partir de la puissance appelée maximale. Toutefois, ce tarif reste généralement plus coûteux que le tarif MT4 comme indiqué ci-après, et ce en raison d'une absence d'un coefficient de réduction de puissance en été.

La redevance fixe moyenne calculée selon les tarifs d'octobre 2000 sur une période de 5 ans se présente comme suit:

En terme de redevance fixe, le tarif général dégage un avantage important par rapport aux tarifs agricoles proportionnel à la prime fixe des tarifs agricoles.

c- La maîtrise du paramètre **durée de consommation** et du coût de l'énergie en général passe à travers un effacement de la consommation pendant les heures pleines et de pointe particulièrement d'hiver. En effet, le prix du KWh pour le tarif MT4 est 54 % plus cher pendant les

heures pleines d'hiver par rapport aux heures creuses :

D'où, l'effacement pendant les heures pleines d'hiver pour le tarif MT4 est a priori un moyen de parvenir à une diminution de la facture énergétique. Cependant, les agriculteurs ne disposent pas d'une marge de manoeuvre suffisante pour s'effacer en heures pleines car l'irrigation sera concentrée sur une période courte (7 heures) et l'absence d'un système de contrôle du débit (régulateur de pression et limiteur de débit) ne permet pas de passer actuellement à l'irrigation à la demande particulièrement pendant les heures creuses et les heures pleines d'été ou le coût du Kwh est le plus faible.

Pour le tarif vert, et après l'entrée en vigueur des dernières baisses tarifaires, le coût moyen du kwh est généralement moins important que celui du tarif MT4. Ce coût calculé sur la base des prix du kwh et le nombre d'heures de fonctionnement par poste horaire aboutit à un tarif plus réduit que celui du tarif MT4 (0,645 dh/kwh contre 0,649 pour tarif MT4).

Aussi, Les résultats obtenus à travers les différentes simulations des consommations en kwh confirment que depuis octobre 2000, le tarif vert génère un gain de 5% par rapport au tarif MT4 et 45 % par rapport au tarif général en terme de redevance de consommation.

Toutefois, le principe d'effacement en heures de pointe annoncé comme un moyen de parvenir à réduire sensiblement la facture énergétique n'est pas d'un réel intérêt pour l'ORMVAD du fait que le tarif de pointe n'est pas aussi incitatif pour encourager une telle politique d'effacement. Ainsi, un tel effacement aura des répercussions négatives d'une part par une perte importante d'eau au niveau des points les plus bas du réseau d'irrigation non encore réhabilité et d'autre part il sera suivi d'une augmentation de la puissance le jour d'après, et donc d'une augmentation du montant de la redevance fixe.

Par contre, vu la structure du tarif général qui ne tient pas compte du principe de la saisonnalité, ce tarif reste toujours le plus cher par rapport des autres tarifs agricoles.

V- LIMITES ET CONTRAINTES LIEES A L'APPLICATION DES SYSTEMES DE TARIFICATION EN VIGUEUR

La réduction du coût de l'énergie se heurte à plusieurs contraintes liées à l'application des systèmes de tarification dont nous présentons brièvement ci-dessous les principaux:

V.1 Les contraintes d'ordre générales:

- Le début de la période de pointe (17

	Tarif Général	Tarif MT4	Tarif Vert
Prime fixe (dh/kw)	291	779	778
Redevance fixe en dh (*)	4.839.510	12.960.856	3.892.327

Redevance fixe : redevance de puissance + redevance de dépassement des puissances souscrites

	Heures pleines		Heures creuses	
	Hiver	Eté	Hiver	Eté
MT4 (MU)	1.0134	0.5777	0.4702	0.4137
Réduction	0	-43%	-54%	-59%

	Tarif Général	Tarif MT4	Tarif Vert
Redevance de Consommation en dh (*)	68.707.753	39.726.347	37.606.770

heures en hiver et 18 heures en été) défini par l'ONE coïncide avec le moment le plus favorable pour l'irrigation des cultures. Toutefois, la pointe de l'ONE se situe au delà de 20 heures surtout en été.

- Pour les tarifs MT4 et tarif vert, les usagers agricoles sont fortement pénalisés pendant le mois de Mars qui est considéré actuellement comme le mois de pointe pour le secteur agricole sans qu'il ne le soit pour l'ONE.

- Le tarif MT4 et le tarif vert offrent trois options tarifaires en fonction du nombre d'heures d'utilisation. Cependant, les simulations entreprises par l'ORMVAD ont montré que la choix de l'option tarifaire se limite à l'option moyenne utilisation. L'optimisation des coûts passe en partie par la mise en place d'une deuxième option longue utilisation à l'instar du tarif vert EDF.

- Les contrats d'abonnement sont signés individuellement pour chaque station de pompage et l'ONE ne considère pas les stations de pompage qui se situent dans la même ligne électrique comme un seul abonné. Une telle situation n'incite pas à une réduction de la demande et de la consommation en énergie par l'adoption du principe de fonctionnement en rotation des stations de pompage particulièrement pendant les périodes les plus chers.

V.2- Les contraintes d'ordre spécifiques à chaque tarif :

a. Tarif Général

- Tarif de vente de l'énergie plus cher par rapport au autres tarifs agricoles,
- Inexistence de principe de saisonnalité,
- Absence d'option tarifaire,
- Les heures pleines des dimanches ne sont pas comptabilisés parmi les heures creuses.

b. Tarif MT4

- le Kwh consommé coûte plus cher pendant les heures pleines d'hiver. Par contre, il est moins cher pendant l'été et les heures creuses d'hiver. L'effacement de la consommation en heures pleines pose des problèmes réels d'exploitation, difficile à surmonter surtout que l'irrigation doit être concentrée sur une période limitée (7 heures). A cette contrainte, il faut ajouter aussi la contrainte pratique que pose l'irrigation pendant la nuit.

- L'optimisation des puissances souscrites se fait à posteriori alors que les puissances souscrites sont fixées au mois d'octobre et appliquées à partir du mois de novembre ou les conditions climatiques ne sont pas encore connues. En effet, la souscription d'une puissance élevée par rapport au besoin réel génère une majoration inutile de la redevance de puissance. Par ailleurs, une puissance souscrite faible expose l'ORMVAD au risque des pénalités de dépassement de puissance souscrite.

Si les puissances souscrites d'été sont maîtrisables, celles de l'hiver dépend étroitement des conditions climatiques.

- Les puissances souscrites saisonnières hiver-été ne sont pas distinctes pour les postes horaires et la puissance souscrite des heures creuses d'hiver n'intervient pas dans la formule initiale de calcul de la redevance de puissance (même coefficient de réduction).

c. Tarif Vert

- Les tarifs des heures de pointe ne sont pas incitatifs et ne permet pas actuellement de mettre en oeuvre une politique d'effacement pendant cette période surtout que l'effacement en heures de pointe sera automatiquement suivi d'une augmentation de la puissance le jour d'après, et donc d'une augmentation du montant de la

redevance de puissance.

- Absence d'un tarif des heures creuses et le tarif de consommation en heures normales est relativement élevé particulièrement en hiver.

- Adoption d'un coefficient de puissance élevé qui ne tient pas compte du principe de la saisonnalité et de l'option tarifaire à l'instar du tarif vert EDF. Ce principe n'est économiquement pas justifié puisque les dépassements n'occasionnent pas les mêmes coûts selon les saisons et les tranches de consommations.

VI- LES PRINCIPAUX AXES A RETENIR DANS LE CHOIX D'UN SYSTEME TARIFAIRE POUR LE SECTEUR AGRICOLE

L'optimisation des coûts de l'énergie dans le secteur agricole passe à travers l'adoption d'un tarif qui tient compte des propositions suivantes :

- Etablissement d'un seul contrat avec l'ONE pour l'ensemble des stations de pompage desservis par la même ligne électrique;

- Introduction d'une option longue utilisation à l'instar du tarif vert EDF en vue de permettre un véritable choix d'option,

- Adoption d'un coefficient de puissance qui tient compte du principe de saisonnalité et de l'option tarifaire,

- Redéfinition de la période saisonnière en introduisant le mois de mars au niveau de la saison d'été ;

- Redéfinition de la période horaire en décalant le début de la tranche horaire de deux heures en hiver (19 h au lieu de 17h) et en éliminant la notion de pointe en été.

- Application d'un tarif des heures creuses pendant toute la journée des dimanches.

IMPACT DU MT4 ET DU MTVERT SUR LES DEPENSES ENERGETIQUES DE L'ORMVAL ET POSSIBILITE D'EFFACEMENT

M. OUMLAL¹

I - APPROCHE METHODOLOGIQUE ADOPTEE

I.1 - Base de données et période d'études:

Afin d'évaluer l'impact du tarif vert sur les dépenses énergétiques de l'ORMVAL et de le confronter au mode tarifaire actuel, il a été procédé à la simulation des factures mensuelles pour l'ensemble des stations de relevage et de mise en pression des secteurs R^{Mel} et Drader, pour les deux modes MT4 et MT Vert.

Pour ce faire, l'étude a porté sur la période allant de 1994 à 1997 (pour des raisons de disponibilité de données et de la variabilité météorologique remarquables) à partir d'un dépouillement des factures ONE mensuelles des différentes stations de pompage (soit près de 700 factures au total).

En considérant cette période qui est caractérisée par des années d'hydrolicités très différentes et donc des dépenses en énergie parfois incomparables, nous avons voulu mettre à l'épreuve le tarif MTvert dans différentes conditions climatiques dont dépendent étroitement les frais énergétiques que supporte l'ORMVAL.

I.2- Hypothèses:

Pour procéder à des simulations des factures en tarif vert et leur confrontation à celles du MT4, plusieurs hypothèses furent incontournables :

- Les redevances de dépassement de l'énergie réactive (Cos) ont été négligées dans les factures étant donné que ce facteur est parfaitement maîtrisé par l'ORMVAL moyennant des condensateurs locaux et de ce fait il est toujours supérieur à 0,8; seuil de pénalisation;

- Les prix appliqués pour toutes les simulations sont ceux de l'année 1997 puisque seul l'écart entre les factures

simulées dans les deux systèmes de tarification, nous intéresse;

- La formule appliquée pour le calcul de la redevance de puissance pour le tarif vert est celle qui égalise l'appel de puissances en heures de pointe et normales (cf. formules ci-après). Ceci est en quelques sortes vrai puisqu'en général, c'est le même nombre de groupes qui est en fonctionnement par station pendant les deux périodes;

- Pour apprécier l'impact de l'effacement des heures de pointe, trois approches ont été adoptées au niveau de la station de pompage SPA et dont les résultats sont présumés extrapolables aux autres stations:

i - Simple transfert de la consommation en Kwh vers les heures creuses/normales proportionnellement aux durées d'effacement en Mt4 et MT Vert;

ii - Modulation des puissances appelées et simulation conséquentes des consommations pour les deux tranches horaires du MT Vert;

iii - Effacement total pendant les cinq (5) heures de pointe du MT Vert en simulant un arrêt d'irrigation au niveau du sous-secteur A.

HISTORIQUE :

La tarification binôme de l'énergie électrique qui se traduit par la nécessité de souscription de puissances par les abonnés fût généralisée pour les usagers moyenne tension en Décembre 1982.

Contrairement à la tarification monôme pour laquelle la principale composante étant la redevance de consommation représentée par le coût des Kwh consommés en heures pleines et heures creuses, la tarification binôme se caractérise, quand à elle, par l'introduction de la redevance de puissance dans le calcul de la facture d'énergie.

Afin d'épargner le secteur agricole des augmentations des tarifs d'énergie et de

l'impact de ladite redevance de puissance dans la tarification binôme, une ristourne de 0,09 Dh/Kwh fût instituée et est restée inchangée jusqu'en Juillet 1985, date de son abrogation.

Après quatre ans environ de concertation entre l'ONE, le Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé des Affaires Economiques et le Ministère de l'Agriculture, un nouveau système de tarification baptisé MT4, optionnel et exclusivement réservé aux usagers agricoles, a été mis à jour en Mai 1989.

En 1997, l'ONE a proposé optionnellement pour le secteur agricole un nouveau tarif dit "tarif vert" qui consiste, à vrai dire, en une adaptation du tarif MT4.

Finalement, il a été décidé par l'ONE de supprimer ce tarif et de le substituer, en cas où le client ne souscrit pas pour le MTVert, par le mode tarifaire général; MTG.

II- PRESENTATION ET ANALYSE COMPARATIVE DES TARIFS MT4 ET VERT

II.1- Mode tarifaire "MT4" :

II.1.1- Composantes du système:

Le tarif MT4 institué par l'arrêté ministériel n° 2/15 du 16 Mai 1989, distingue quatre postes horosaisonniers;

- Heures pleines et de pointe hiver : Hp hiver
- Heures pleines et de pointe été : Hp été
- Heures creuses hiver : Hc hiver
- Heures creuses été : Hc été

où l'hiver, l'été, les heures creuses et heures pleines et de pointe sont définis comme suit:

- Hiver : du 1er Novembre au 31 Mars;
- été : du 1er Avril au 31 Octobre;
- Heures creuses : de 22 heures à 7 heures en Hiver de 23 heures à 7 heures en été;

- Heures pleines et de pointe: de 7 heures à 22 heures en Hiver de 7 heures à 23 heures en été.

¹ - Ingénieur à l'ORMVA du Loukkos

En dépit des quatre puissances potentiellement souscriptibles par les abonnés et faute de compteurs appropriés pour les puissances appelées en HP et HC, seules deux puissances Hiver et Été sont souscrites .

Concernant le temps d'utilisation de la puissance souscrite par an, le tarif MT4 distingue trois options qui sont:

- TLU : Très longue utilisation
: T > 5500 heures
- MU : Moyenne utilisation
: 2500 h < T < 5500h
- CU : Courte utilisation
: T < 2500 heures

III.1.2- Composantes de la facture

La facture mensuelle d'énergie dans le tarif MT4 se compose des éléments suivants:

- Redevance de puissance (RP) qui fait intervenir la prime fixe qui est fonction de l'option d'utilisation, est en quelques sortes une participation aux investissements en fonction de la puissance disponible .

$$RP = PF (0,75 PS1 + 0,25 PS2) / 12.$$

où PS1 et PS2 sont les puissances souscrites respectivement en Hiver et en Été et PF est la prime fixe qui prend des valeurs en fonction de l'option choisie.

- **Redevance de consommation (RC)** qui est le produit des Kwh consommés par poste horosaisonnier et les prix unitaires correspondants

- **Redevance de dépassement (RD)** de la puissance souscrite dont la formule de calcul est différente selon que ce dépassement est supérieur ou inférieur à 33%.

$$\text{Si } PA \leq 1,33 P: RD = PF \times C_i (PA_i - PS_i) \times 1,1 / 12$$

$$\text{Si } PA > 1,33 PS : RD = PF \times C_i [(0,33 PS_i \times 1,1) + (PA_i - 0,33 PS_i) \times 1,2] / 12$$

où PA est la puissance appelée en Kw et i désigne la saison. Le coefficient C prend les valeurs de 9/5 et 3/7 respectivement en Hiver et en été.

- **Redevance de dépassement** de l'énergie réactive qui correspond à la majoration Cos₂.

$$\text{Maj Cos}_2 = 2 (0,8 - \text{Cos}_2) \times (RC + RP + RD).$$

Etant le déphasage entre l'intensité I et la tension U, la puissance transportée P est:

$$P = U.I. \text{Cos}_\text{ en courant monophasé;}$$

$$\text{P} = U.I._3 .\text{Cos}_\text{ en courant triphasé.}$$

Cela veut dire que si est grand, il faut disposer d'une intensité I réelle plus importante qu'il ne faut pour produire une puissance P donnée à cause des pertes qui se produisent le long des lignes de transport et des circuits internes des appareils.

Cependant, l'ORMVAL et en mettant en place des condensateurs locaux au niveau des stations de pompage, maîtrise très bien le paramètre Cos₂ et fait ainsi bénéficier l'ONE des économies de transport de puissance.

III.1.3- Limites et contraintes liées à l'application du tarif MT4 :

La réduction du coût de l'énergie se heurte à plusieurs contraintes liées à l'application du tarif MT4 dont nous présentons brièvement ci-dessous les principales:

a- Les contraintes liées au système de comptage et structure de la facture:

La structure du tarif MT4 prévoyait quatre postes horo-saisonniers. D'après l'arrêté ministériel n° 2/15 du 16 Mai 1989, la structure "provisoire" ne devrait pas durer au delà du mois d'Octobre 1990 où l'installation des comptages appropriés devrait couvrir l'ensemble des abonnés agricoles.

Cette structure "provisoire" ne permet pas de distinguer si les dépassements de puissance ont eu lieu en heures creuses ou en heures pleines et ne permet pas ainsi aux abonnés agricoles de solliciter au maximum les heures creuses par une souscription d'une puissance élevée afin d'éviter les pénalités de dépassement des puissances souscrites pendant cette tranche horaire.

D'autre part, la souscription d'une puissance faible en heures pleines particulièrement pendant l'hiver peut réduire d'une manière importante le montant de la redevance et celle des dépassements de puissances souscrites étant donné que l'hiver est affecté des coefficients les plus élevés.

Redevance de puissance annuelle :

$$RP = PF \times (1 \times (1 \times PS1 + 0,25 \times (PS2 - PS1) + 0,05 \times (PS3 - PS2) + 0,05 \times (PS4 - PS3))$$

$$RP = PF \times (0,75 PS1 + 0,20 PS2 + 0,05 PS4).$$

D'où :

$$RP = PF \times (0,75 PS1 + 0,25 PS2).$$

Ceci étant, l'utilisation par l'ONE des mêmes coefficients réducteurs de puissance 0,05 pour les heures creuses d'hiver et celles de l'été conduit à une élimination de la puissance souscrite d'hiver dans la formule de la redevance. Ce qui signifie qu'on peut fixer n'importe quelle puissance pendant les heures creuses d'hiver sans avoir d'incidence sur le montant de la facture.

b - Contraintes liées aux paramètres de souscription :

b.1- Puissances souscrites:

L'optimisation des puissances souscrites se fait à posteriori alors que les puissances souscrites sont fixées au mois d'Octobre et appliquées à partir du mois de Novembre où les conditions climatiques ne sont pas encore connues.

En effet, la souscription d'une puissance élevée par rapport au besoin réel génère une majoration inutile de la redevance de puissance. Par ailleurs, une puissance souscrite faible expose l'ORMVAL aux risques des pénalités de dépassement de puissance souscrite.

Si les puissances souscrites d'été sont relativement maîtrisables, celles de l'hiver sont aléatoires et dépendent étroitement des conditions climatiques.

b.2- Durée de consommation :

Les principes de la tarification sont basés sur la modulation du prix de l'énergie dans la journée (heures creuses et heures pleines) et selon la saison, été ou l'hiver . En effet, le Kwh consommé coûte plus cher pendant les heures pleines d'hiver. Par contre, il l'est moins chère pendant l'été et les heures creuses d'hiver.

L'effacement de la consommation en heures pleines pose des problèmes réels d'exploitation difficiles à surmonter étant donné que l'irrigation doit être concentrée sur une période limitée. A cette contrainte, il faut ajouter aussi la

contrainte pratique que pose l'irrigation pendant la nuit. L'éventualité de la sur-sollicitation des réseaux pendant les heures creuses et le dépassement de leurs capacités n'est pas à négliger.

c - Contraintes liées à l'actualisation des contrats ONE :

Dans les contrats, l'ONE précise que la modulation de la souscription de puissance doit être faite durant le mois d'Octobre avec prise d'effet au premier Novembre, applicable à la saison d'été suivante. Cette disposition oblige l'Office à s'engager dès Octobre pour la souscription de puissance de la campagne estivale suivante, sans pour autant avoir connaissance des paramètres de prévisions hydrologiques de cette campagne.

II.2 - MODE TARIFAIRE "MT Vert":

C'est un tarif de pointe introduit par l'ONE et qui vise en particulier à réduire le pic de consommation et inciter les abonnés alimentés en très haute tension, haute tension et moyenne tension à consommer quand la demande est moindre. Au Maroc, la courbe de charge présente un rapport de 2,05 entre le pic (20h) et son creux. Ceci, se traduit pour l'ONE par l'utilisation de moyens de production coûteux qui ne fonctionnent que cinq heures par jour.

II.2.1 - Composantes du système:

Le tarif vert prévoit également quatre postes horo-saisonniers à savoir:

- Heures de pointe Hiver : HpHiver
- Heures de pointe Été : Hp Été
- Heures normales Hiver : Hn Hiver
- Heures normales Été : Hn Été

où l'hiver, l'été, les heures de pointe et les heures normales sont ainsi définis;

- Hiver : du 1er Novembre au 31 Mars
- Été : du 1er Avril au 31 Octobre
- Heures de pointe : de 17 heures à 22 heures en Hiver et 18 heures à 23 heures en Été
- Heures normales : de 22 heures à 17 heures en Hiver et 23 heures à 18 heures en Été

Les mêmes options d'utilisation définies pour le tarif MT4 sont valables pour le tarif vert. Néanmoins ce dernier ne prévoit pas de souscription de

puissances à l'avance.

II.2.2 - Composantes de la facture :

Dans le nouveau tarif, la facture mensuelle de l'énergie se compose de ce qui suit.

- **Redevance de puissance (RP)** qui, contrairement au système MT4 qui fait appel aux puissances souscrites, se calcule en fonction des appels de puissances en heures de pointe et normales selon les scénarios suivants:

- Si $PAHP < PAHN$ $RP = PF (PAHP + ri (PAHN - PAHP)) / 12$

- Si $PAHP > PAHN$ $RP = PF \times PAHP / 12$

où PA est la puissance maximale appelée et PF est la prime fixe qui prend, selon les options, les mêmes valeurs que le tarif MT4.

- Redevance de consommation (RC) qui se calcule de la même manière que le MT4 selon les prix unitaires des Kwh.

Il est à signaler que si pour les heures de pointe, les prix sont restés inchangés par rapport à ceux des heures pleines et de pointe pour MT4, les prix des heures normales ont été substantiellement majorés par rapport à ceux des heures creuses.

- Redevance sur majoration Cos (dont le principe de calcul est le même que pour le MT4 :

Maj. Cos = $2(0,8 - Cos)$ (RP+RC).

III- RESULTATS DES SIMULATIONS:

III.1- COMPARAISON DES DEUX TARIFS:

Les résultats issus de la simulation des 672 factures mensuelles pour les années 1994, 1995, 1996 et 1997 laissent formuler à priori, les observations suivantes:

- En 1994: Les mêmes conditions d'exploitation des différentes stations auraient permis un gain de près du 1/5 de la facture globale si le système tarifaire adopté était le MT Vert, bien que la redevance de puissance soit le double de celle en MT4 dont elle ne constituait qu'à peine 10,5 %;

- En 1995 : C'est également le MT Vert qui l'emporte avec un écart de 6% par

rapport à MT4, malgré que les redevances de consommations sont similaires et constituent toutes les deux 78,7% des factures totales pour les deux systèmes tarifaires;

- En 1996 : Les deux modes tarifaires auraient abouti à des factures globales sensiblement égales avec un léger avantage au profil du tarif vert, sauf pour la station SPD pour laquelle le MT4 se serait mieux prêté;

- En 1997: Mises à part la SPA et l'artère sud, le tarif MT4 serait le mieux adapté quoique pour les deux modes tarifaires, les parts des redevances de consommation sont presque les mêmes et constituent près de 81,5% des factures globales respectives.

Il est donc à priori claire qu'aboutir à travers l'analyse de ces données à une conclusion évidente privilégiant un tarif sur l'autre serait subjective. En effet, l'écart constaté entre les deux factures simulées varie aussi bien entre années (selon leurs hydrolicités) pour la même station qu'entre stations (selon les conditions d'exploitation) pour la même année.

Cependant, une simulation beaucoup plus appropriée a été faite sur la base des données des factures de l'année 1999 pour apprécier le degré d'adaptabilité du tarif vert aux stations de pompage de l'ORMVAL;

La méthodologie suivie consiste dans le calcul des montants des factures énergétiques totaux de l'Office en adoptant trois scénarios distincts:

Un calcul direct de la facture sans transfert d'énergie des heures de pointe vers les heures normales;

Un transfert partiel en supposant un arrêt des groupes à partir de 20h;

Un transfert total des KWH des heures de pointe vers les heures normales suite à un effacement total pendant les heures de pointe (entre 17 h et 22 h).

III.2- Impact de l'effacement:

Les résultats issus des trois approches adoptées pour l'évaluation de l'impact de l'effacement pendant les heures de pointe aboutissent aux conclusions suivantes:

Les résultats complets sont synthétisés dans le tableau N° 1

La facture énergétique en Million de Dirhams

1999	MT4	Mvert			Mvert			Mvert		
SP	MT4	TLU SI	MU SI	CU SI	TLU eff	MU eff	CU eff	TLU eff2H	MU eff2H	CU eff2H
SP1	10.92	12,86	11	10,82	9,43	9,21	9,67	12,79	10,87	10,62
SP2	13.6	22,97	16,78	14,8	14,44	12,63	12,51	22,89	16,61	14,55
SPA	3.95	4,73	3,97	3,87	3,38	3,26	3,41	4,7	3,91	3,79
SPB	5.52	6,59	5,63	5,54	4,81	4,7	4,94	6,56	5,56	5,43
SPC	5.05	6,1	5,22	5,13	4,44	4,35	4,58	6,07	5,15	5,04
SPD	5.08	5,87	4,97	4,84	4,29	4,15	3,64	8,3	4,48	4,75
Spsud	5.99	7,23	5,92	5,69	5,14	4,83	5,02	2,52	1,75	5,58
SPC2	2.56	3,57	2,79	2,57	2,46	2,58	2,89	2,16	1,81	2,52
SPK1K2	1.85	2,41	1,97	1,86	1,79	1,96	2,24	2,59	1,94	1,83
SPD1D3	0.89	1,31	0,95	0,83	1,06	1,12	1,26	2,5	0,94	0,81
SPD3D4	2.5	3,18	2,52	2,33	2,63	2,92	3,34	1,65	1	2,41
total	57.92	76,82	61,72	58,28	53,87	51,71	53,5	72,71	54,04	57,34
	-	-32.63	-6.56	-0.62	7	10.72	7.63	-25.54	6.71	1.01

III.2.1 - Approche 1 :

Il s'agit dans cette première approche d'un simple transfert, proportionnellement aux durées d'effacement présumées, des Kwh consommés pendant les heures de pointe vers les heures creuses/normales où le prix du Kwh est moindre.

Les résultats montrent que l'effacement en MT Vert est incontestablement plus bénéfique qu'en MT4. Les gains en % susceptibles d'être réalisés sur la facture totale de la SPA pour les deux modes tarifaires, sont dans le tableau ci-après:

III.2.2 - Approche 2 :

Au titre de ce scénario et pour approcher la réalité de fonctionnement de la station, nous avons procédé à l'analyse historique des puissances appelées par mois pendant toute la période d'étude.

Les puissances effectivement appelées ont servi à la modulation des appels de puissances maximales tout en les imposant en heures normales du MT Vert. Les consommations en Kwh mensuelles totales sont celles effectivement enregistrées avec une répartition modulée sur les deux tranches horaires.

Le gain total découlant de cette réduction d'appels de puissances pendant les heures de pointe s'élève à près de 11% par rapport au mode tarifaire actuel MT4.

III.2.3 - Approche 3 :

Cette approche consiste en un effacement proprement dit sur toute la période de pointe avec un transfert total de l'énergie consommée vers les heures normales et une modulation des

puissances appelées pendant cette tranche horaire.

Une telle approche est délicate à mettre en pratique du moment où les auxiliaires de la station (éclairage, logements...) sont alimentés à partir de celle-ci sous le même contrat de fourniture d'énergie. Le gain potentiel à réaliser sur la facture globale de la station SPA par application de cette approche s'estime à 20% par rapport au mode MT4.

Eu égard aux opportunités incontestablement intéressantes de réduction des charges d'énergie que semble offrir l'effacement pendant les heures de pointe en MT Vert, une recherche judicieuse de toutes les possibilités qui se prêtent à l'application d'une telle consigne en amont et en aval de la SPA, s'avère fort impérative.

III.3- Quelques Possibilités d'effacement offertes :

III.3.1 - Station de mise en pression SPA:

Avant de chercher à mettre en application l'effacement pendant les heures de pointe, il est prudent d'étudier les possibilités offertes par l'infrastructure en place.

Durée d'effacement (heures)	1/24	2/24	3/24	4/24	5/24
MT4 / MT4	0.6	1.3	2.1	2.7	3.3
MT Vert / MT Vert	4.8	5.2	5.5	5.7	6.0
MT Vert / MT4 avec effac.	2.3	2.8	3.2	3.5	3.8

Pour ce faire, il fut nécessaire d'analyser d'une part les concepts de base de dimensionnement initial à travers l'étude GERSAR/SOMET/ELECTROWATT réalisée en Avril 1975, et d'autre part d'éventuelles évolutions ayant depuis survécu sur les conditions d'exploitation.

En effet, l'hypothèse de l'utilisation du réseau pendant 20 heures sur 24 ayant conduit à un débit d'équipement de 1.11 l/s/Ha (débit fictif continu= 0.926 l/s/Ha prévu par le projet), laisse prétendre à priori une possibilité d'effacement de 4 heures.

Par ailleurs, l'analyse historique de l'occupation du sol depuis 1990 et les besoins en eau des cultures a conduit à un débit fictif continu moyen de 0.790 l/s/Ha induit essentiellement par la réduction de la superficie de la canne à sucre prévue initialement sur 75% de l'assolement global en faveur des cultures moins exigeantes.

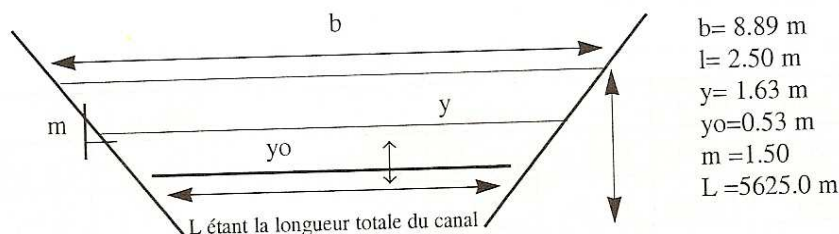
Etant donné que sur les cinq dernières campagnes, la superficie en CAS n'a guère dépassé les 40% de la superficie irriguée, le besoin net conséquent s'est vu réduire de 7.3 à 6.8 mm/jour (soit un débit fictif continu de 0.79 l/s/Ha) pendant le mois de pointe (Juillet). Ceci veut explicitement dire que le réseau de distribution tel qu'il est conçu pourrait permettre une autre marge d'effacement qui s'estime à 3 heures supplémentaires.

Par ailleurs, un effacement de 5 heures sur 24 doit théoriquement induire une réduction de 15 mn sur chacun des 4 postes d'irrigation évalués initialement à 5 heures.

III.3.2 - Station de relevage SPII-Étage2:

L'étude de la possibilité d'effacement de la station SPII-2 alimentant la SPA, trouve sa motivation dans le fait que le canal 55 (Canal adducteur joignant les deux stations), fut initialement dimensionné pour alimenter en plus du sous-secteur A, la deuxième tranche du secteur Thé qui fut abandonnée par la suite.

Ce surdimensionnement du canal pourrait offrir une possibilité de l'utiliser



b= 8.89 m
l= 2.50 m
y= 1.63 m
yo=0.53 m
m =1.50
L =5625.0 m

comme réservoir de stockage d'eau à même de permettre une certaine autonomie de la SPA pendant les heures de pointe.

C'est ainsi que les caractéristiques géométriques et hydrauliques du canal 55 décrites ci-dessous:

conduiraient au volume stocké suivant qui est le produit de la longueur L du canal et sa section mouillée qui est fonction du tirant d'eau y :

$$\text{Volume} = L S = L y (1 + y.m)$$

Il en découle que le volume total disponible Vtd pour le pompage au niveau de la SPA est la différence des volumes correspondant aux cotes y et yo qui sont respectivement de 45 381 et 9 823 m³;

$$\text{Soit } Vtd = 45\,381 - 9\,823 = 35\,558 \text{ m}^3$$

Sachant qu'au niveau de la SPA et la SPII-étage2 l'alimentant, les débits nominaux respectifs des groupes sont de 1 368 et 3 240 m³/h, le temps arrondis d'épuisement de Vtd par la SPA et celui de réalimentation du canal 55 par la SPII-étage2, sont donnés en fonction des groupes dans le tableau suivant :

Nbr de groupes	1	2	3	4	5
SPA	26 h 05'	13 h 15'	08 h 45'	06 h 30'	05 h 15'
SPII-étage2	11 h 10'	05 h 30'	03 h 45'	02 h 15'	-

III.4. - Effacement total au niveau de la station de relevage SPI:

Afin d'apprécier le gain espéré à travers cet effacement, on a procédé à la simulation du fonctionnement de la SPI (représentant 20% environ des dépenses totales) dans ledit régime avec les adaptations nécessaires qui s'imposent dans le système de mobilisation de l'eau d'irrigation.

Dans les différents calculs, il est supposé que les puissances réelles appelées mensuellement par la station dans le cas du tarif MT4 soient les mêmes en cas du tarif vert. Il en va de

même pour les quantités d'énergie consommées par poste horo-saisonnier.

Les différentes simulations des factures annuelles a aboutit à un gain annuel moyen sur la facture énergétique en appliquant le tarif vert avec effacement total des heures de pointe au lieu de MT4, de 1.273.076 Dh

Description du canal tête morte:

Le canal tête morte d'une longueur d'environ 8 km relie la station principale SP1 à la station SP2. Il est composé de deux biefs de longueurs respectives 4,1 et 4,2 km, séparés

Caractéristiques principales de chaque bief

Bief n°1: Section trapézoïdale

- + longueur : 3699 m
- + largeur au radier: 3,5 m
- + fruit des bajoyers : 3/2
- + profondeur d'eau normale : Y0 = 2,31 m
- + profondeur d'eau max: amont Y11 = 2,61m, aval Y12 = 3,16 m
- + hauteur de la revanche : r = 0,50 m
- + la largeur en gueule : amont L11 = 12,83 m, aval L12 = 14,48 m
- * Section rectangulaire
- + longueur : 404 m
- + largeur du radier : 4,00m
- + Profondeur d'eau normale: Y0 = 2,60 m
- + profondeur d'eau max: amont Y11 = 2,80 m, aval Y12 = 2,94 m
- + hauteur de la revanche : r >= 0,50 m

Bief n°2 : section trapézoïdale

- + longueur : 3560 m
- + profondeur d'eau max : amont Y21 = 2,58 m, aval Y22 = 3,12 m
- + largeur en gueule : amont L21 = 12,74 m, aval L22 = 14,36 m
- + les autres caractéristiques sont les mêmes que pour le bief n°1
- * section rectangulaire
- + longueur : 43 m
- + profondeur d'eau maximale : amont = aval = 2,71 m
- + les autres caractéristiques sont les mêmes que pour le bief n°1.

* section couverte
 + elle fonctionne à écoulement libre
 + longueur : 550 m
 + profondeur d'eau max: amont Y21 = 2,69 m, aval Y22 = 2,92 m
 + les autres caractéristiques sont les mêmes que pour la section rectangulaire
 Calcul du volume d'eau dans la tranche utile du canal:

Ces calculs sont faits d'après le profil en long du canal:

_ Section trapézoïdale

Bief n°1

le tirant d'eau utile aval = 1,442 m
 le tirant d'eau utile amont = 0,892 m
 le tirant d'eau restant dans le canal = 1,714 m
 le volume calculé dans ce bief est
V1 = 44.914,01 m³

Bief n°2

le tirant d'eau utile aval = 1,40 m
 le tirant d'eau utile amont = 0,866 m
 le tirant d'eau restant dans le canal = 1,714 m
 le volume calculé dans ce bief est
V2 = 42.092,92 m³

_ Section rectangulaire Bief n°1

$b = 4 \text{ m}$

le tirant d'eau moyen utile = 1,154 m
v = 1864,86 m³

_ Section rectangulaire couverte plus 43 m non couverte

$b = 4 \text{ m}$

le tirant d'eau moyen utile = 1,596 m
V = 3785,71 m³

donc le volume total disponible dans le canal est $V_t = 44.914,01 + 42.092,92 + 1.864,86 + 3.785,71 = 92.657,50 \text{ m}^3$

Les volumes à pomper par la SP1

Etant donné que le mois de pointe est Août, le volume moyen à prendre en compte est de $21.519.300 \text{ m}^3$. Donc, le volume journalier

$V_j = 21.519.300 / 31 = 694.171 \text{ m}^3/\text{j}$

La SP1 devra fonctionner 19h /24 (tarif_vert avec effacement total de 5h de pointe).

Le volume horaire est $V_h = 694.171 / 24 = 28.924 \text{ m}^3$

Le volume nécessaire pour les 19 h est $V_{19} = 549.556 \text{ m}^3$

Le volume nécessaire pour les 5h est $V_5 = 144.620 \text{ m}^3$

La station SP1 est équipée de six (6) groupes motopompes, de débit unitaire est $Q_u = 2520 \text{ l/s}$ soit $9072 \text{ m}^3/\text{h}$. Le nombre de groupes et les volumes journaliers V_j sont donnés par le tableau

Nombre de groupes en fonctionnement	Débit en m3/h	Nombre d'heures de fonctionnement	Volume pompé en m3
1	9.072	19	172.368
2	18.144	19	344.736
3	27.216	19	517.104
4	36.288	19	689.472
5	45.368	19	861.840
6	54.432	19	1.034.208

suivant :

Donc le volume voulu sera donné par le fonctionnement de quatre (4) groupes.

Dimensionnement du bassin de compensation

Le volume à stocker par le bassin est $V_b = 144.620 - 92.657 = 51.963 \text{ m}^3$.

Le bassin aura une forme obélisque (bases carrées parallèles), son volume est donné par la formule suivante:

$V = h/6 * [(2b + B)*b + (2B + b)*B]$

où

h = distance entre les deux bases

b = coté de la petite base

B = coté de la grande base

Un calcul itératif a donné pour la hauteur d'eau utile $h_u = 1.40 \text{ m}$;

$b = 184 \text{ m}$

$B = 190 \text{ m}$

volume d'eau nécessaire = 51.963 m^3

volume total des déblais = 69.944 m^3

Ceci donne une superficie de $190 * 190 = 3.61.00 \text{ m}^2$

Si on ajoute 10 m pour chaque coté B, pour avoir une aire de servitude et de protection, on aura $St = 4 \text{ Ha}$

La liaison bassin_canal tête morte sera faite par un tronçon du canal à section trapézoïdale qui peut faire entrer et sortir un débit de $2,70 \text{ m}^3/\text{s}$. Si on prend une vitesse d'écoulement $V_e = 0.94 \text{ m/s}$ qui est la vitesse d'écoulement dans le canal tête morte, on trouve une largeur au radier égale à 1.92 m . Le coût total du bassin et annexes s'évalue à 8.1 MDh , répartis comme suit:

IV - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS:

A l'issue de cette étude d'évaluation du mode tarifaire d'énergie électrique à usage agricole MT Vert ayant porté sur : (i) la comparaison des deux modes tarifaires (ii) les opportunités offertes

par le nouveau tarif MT Vert, (iii) les possibilités de mise en oeuvre de ces opportunités pour la réduction du coût de l'énergie et (iv) les potentialités offertes par l'infrastructure en place pour ce faire, il est à conclure ce qui suit:

- De par sa simplicité conceptuelle ne nécessitant pas de souscription de puissances à l'avance, le nouveau mode tarifaire MT Vert rend les différentes composantes de la facture énergétique plus maîtrisables par rapport à MT4 actuellement adopté.

Cependant, par simple substitution au tarif actuel sans aucun effort d'adaptation, le MT Vert n'est pas d'intérêt évident pour l'ORMVAL puisque l'écart constaté entre les factures simulées pour les deux modes tarifaires varie aussi bien entre années (selon leurs hydrolicités) pour la même station qu'entre stations (selon les conditions d'exploitation) pour la même année.

- Visant à écrêter la pointe de la courbe de charge se traduisant pour l'ONE (en tant que producteur) par l'utilisation de moyens de production coûteux pendant de courtes durées pour satisfaire la demande ainsi concentrée, le MT Vert semble offrir des avantages substantiels en termes de réduction de la facture d'énergie à travers l'effacement pendant les heures de pointe où le coût du Kwh est particulièrement élevé.

Cependant, et d'une manière générale, la mise en application d'une telle consigne de gestion par l'ORMVA du Loukkos se trouve compromise par quelques difficultés dont principalement:

- Les contrats de fourniture d'énergie électrique qui, regroupant les stations de pompage et leurs accessoires (locaux et logements de service annexés surtout),

rendent difficile l'effacement total pendant les heures de pointe.

- Le degré très limité d'autonomie de la plupart des stations de pompage ne pouvant permettre l'arrêt pendant toute la durée de pointe de celles qui les approvisionnent en amont, allusion faite surtout aux stations principales de relevage SPI et SPII-1.

- Les difficultés pratiques que poserait l'irrigation de nuit pour les irriguants. A ce propos, un effort considérable de vulgarisation voire de motivation matérielle est à déployer par l'ORMVAL pour obtenir, par le biais impartial des AUEA, le consentement des usagers pour l'arrêt de l'irrigation durant les cinq heures de pointe.

- L'impossibilité de maintenir les réseaux de distribution sous pression en cas d'arrêt des groupes motopompes.

Par ailleurs, et étant donné que la prime fixe PF utilisée pour le calcul de la redevance de puissance correspond à la participation des abonnés aux investissements en fonction de la puissance instantanée mise à leur disposition en permanence, un effacement pendant les 5 heures de pointe devrait en principe s'accompagner d'une réduction proportionnelle de 21% (soit 5/24) de la PF.

Des simulations opérées pour la station SPA ont montré qu'une telle réduction de la PF aurait abouti à un gain de près de 3% de la facture globale actuelle.

Des négociations sont donc à entreprendre avec l'ONE pour la révision de la prime fixe en cas d'effacement total pendant toute la période de pointe.

Par la même occasion l'ONE pourrait être appelé à faire bénéficier l'ORMVAL des économies de transport de puissance que lui génère ce dernier par le biais de condensateurs locaux au niveau des différentes stations de pompage pour maintenir Cos_v voisin de 0,9 et donc supérieur à 0,8 qui est le seuil de pénalisation.

D'autres consensus sont à solliciter auprès de l'ONE dont notamment l'adoption d'un tarif spécial pour

l'ORMVAL du moment où les lachers agricoles au profit de ce dernier sont utilisés pour la production d'énergie au pied du barrage. Cette consigne trouve son ample justification dans le fait que l'ORMVAL a la possibilité de recourir à une adduction gravitaire des eaux à partir du barrage jusqu'au canal tête morte et de se passer ainsi de la station principale SPI qui engendre, à elle seule, près de 20% des dépenses totales qu'il supporte annuellement.

Toutefois, pour tirer plein profit de ses particuliers attributs apparemment incontestables en termes de réduction de la facture énergétique à travers l'effacement pendant la période de pointe, plusieurs efforts d'accompagnement à trois niveaux sont à consentir par l'ORMVAL:

- Au niveau des stations de mise en pression:

L'individualisation des contrats pour chaque étage de pompage et la souscription de contrats pour les auxiliaires.

- Au niveau du réseau de distribution:

Equiper les prises d'irrigation de compteurs appropriés qui seraient en mesure de distinguer les heures creuses et les heures pleines (système d'horloge).

- Au niveau des usagers :

Si sur le plan technique, les actions précédemment préconisées semblent poser peu de contraintes limitées essentiellement à quelques mesures d'investissement, sur le plan sociologique, au contraire, un effort considérable de vulgarisation voire de motivation est à déployer auprès des usagers pour les amener à adhérer à cette consigne d'effacement (particulièrement difficile durant la période estivale) pendant les heures de pointe s'étalant en été de 18 heures à 23 heures.

A ce niveau, et dans le cadre des mesures incitatives, l'ORMVAL pourrait être appelé, à long terme, à chercher une formule de répercussion sur les usagers, des économies qu'il aurait éventuellement réalisées en ce faisant.

- Au niveau de la station principale SPI et compte tenu de l'investissement ainsi calculé et du gain qui en découle à terme, il est à conclure que, pourvu que la conjoncture énergétique se maintienne, le projet se justifie amplement. Le délai de récupération des frais d'investissement est de 6 ans et demi environ et le taux de rentabilité interne du projet est de 15,2%.

Les conditions d'exploitation sont les suivantes:

- Utilisation d'une tranche au niveau du canal tête morte, qui donnera un volume de 92.657 m³, soit une durée d'environ 3 heures.

- Construction d'un bassin de compensation en dérivation au niveau du canal tête morte, pour un volume de 51.963 m³, soit une durée de 2 heures; Le volume moyen d'eau du mois de pointe qui est de 21.519.300 m³ sera donné par le fonctionnement continu de quatre groupes pendant 19 heures par jour;

Le montant des travaux de construction du bassin est estimé à 8.1 millions de dirhams;

L'économie d'énergie générée par le projet est de 1,273 millions de dirhams comme moyenne annuelle ;

RECOMMANDATIONS

- La nécessité de la participation de l'ONE dans la construction des bassins de compensation afin de faciliter l'application de l'effacement pendant les heures de pointe;

- La nécessité de revoir les saisons ainsi que les tranches horaires dans la mesure d'avoir un Mtvert type qui sera le plus adapté possible aux conditions de notre pays;

- La nécessité de trouver un compromis pour les lachers d'eau à partir du Barrage aux exigences de l'ORMVA pour permettre les pompages en dehors des heures de pointe;

- Il nous est pas compréhensible que la RP est plus pénalisante en cas de réduction de l'appel de puissance pendant les heures de pointe .

NOTE DE SYNTHÈSE SUR LA TARIFICATION EN ENERGIE ELECTRIQUE A USAGE AGRICOLE - CAS DES AUEA DU PROJET MOYEN SEBOU

M. RECHCHACH¹

INTRODUCTION

La présente note de synthèse a pour objet l'évaluation de l'expérience de la Fédération Sebou des AUEA du secteur II du Projet Moyen Sebou dans la gestion de la facture énergétique, la mise en évidence des contraintes qui entravent la valorisation et l'optimisation de son usage et les actions à mettre en oeuvre pour l'élaboration d'un mode de tarification en énergie électrique à usage agricole, pour la réduction des coûts d'exploitation et de rationalisation de la consommation énergétique et l'amélioration des rendements en vu d'une implication effective des AUEA dans l'exploitation et la maintenance des équipements et ouvrages hydrauliques et ce dans le cadre de la stratégie de la G.P.I.

I- GESTION DE L'IRRIGATION AU NIVEAU DU MOYEN SEBOU

La nouvelle stratégie de développement et de la gestion de l'irrigation est basée sur le partenariat entre l'état et les usagers. L'objectif visé comporte le partage des rôles et des responsabilités ainsi qu'une implication effective des usagers organisés en Associations d'Usagers de l'Eau Agricole (AUEA) dans la gestion des systèmes d'irrigation qui les concernent.

Le schéma d'organisation arrêté par le projet prévoit de confier la gestion technique et financière des secteurs hydrauliques à des fédérations d'AUEA pour ce qui concerne les ouvrages en communs (Stations de pompages, canaux primaires), et à des associations pour ce qui concerne les ouvrages terminaux.

La "Fédération Sebou" est constituée de quatre AUEA, elle est en troisième campagne de gestion d'un périmètre de 2.665 Ha, le canevas hydraulique est constitué d'une station de pompage principale (3m³/s), trois stations de reprise, un réseau d'irrigation et d'assainissement drainage, et des pistes de desserte.

L'encadrement technique de la fédération est assurée par une équipe technique composé d'un directeur technique, d'un responsable d'exploitation et maintenance des stations de pompages, un adjoint

irrigation, un comptable, des opérateurs de stations et des aiguadiers.

Parmi les principales tâches qui incombent à la fédération, on trouve la gestion de la facture de l'énergie qui représente 75% des charges totales actuelles du service de l'eau. L'importance de la part de la facture de l'énergie rend la connaissance de sa composition importante, c'est ainsi que dans la suite, on présente les différentes contraintes liées à la gestion de la facture énergétique et les recommandations y afférentes.

II- CONTRAINTES LIEES A LA TARIFICATION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE

Comme pour la plupart des AUEA des ORMVA, les AUEA du Projet Moyen Sebou n'ont pas échappé aux multiples problèmes rencontrés lors du processus de création et actuellement dans le contexte du fonctionnement d'encadrement et de suivi, à cela viennent s'ajouter les contraintes liées à la gestion de la facturation de l'énergie électrique qui impose une organisation satisfaisante en vue d'optimiser la consommation d'eau et d'énergie.

Parmi ces contraintes on distingue :

1) Le manque de mesures d'accompagnement concernant notamment le financement du fonds de roulement nécessaire au démarrage qui constitue un obstacle surtout lors de l'établissement des contrats d'abonnement (Frais d'avance sur consommation insupportable par les AUEA). A ce titre, il est à signaler que la fédération à bénéficier de l'échelonnement des frais d'avance sur consommation en 24 mensualités.

2) La modulation saisonnière des tarifs de l'énergie électrique (hiver : 01 Octobre - 31 Mars - Eté 01 Avril - 31 Novembre) ne s'adapte guère à l'activité annuelle agricole vu les changements climatiques enregistrés ces dernières années, (des hivers courts et des étés longs), de tel manière qu'on atteint des pointes d'irrigation au mois de Février.

3) La modulation journalière fixée des tarifs par l'ONE ne s'adapte pas à l'activité journalière agricole, vu les phénomènes

thermiques et évapotranspiratoires au cours de la journée et les habitudes classiques des agriculteurs d'irriguer de préférence au moment peu chaud de la journée.

4) la typologie des exploitations caractérisé par la petitesse des superficies constitue une entrave aux recouvrement des créances sûr aux agriculteurs (part fixe de la redevance d'eau) ce qui entrave parfois le retard de paiement des factures d'eau.

5) Sur le plan technique, le niveau modeste quantitatif et qualitatif des équipes techniques d'encadrement et de suivi de maintenance, qui accompagne les AUEA et le peu de moyens matériel de contrôle des équipements dont elles disposent, fait aboutir à des résultats peu efficaces notamment en matière de rationalisation du contrat établie avec le distributeur, de réduction des pertes et d'amélioration du facteur de puissance, de suivi de l'évolution des rendements des groupes et de gestion de la consommation.

III- RECOMMANDATIONS

A la lumière des différents constats observés durant les trois années de fonctionnement de la fédération Sebou, on peut envisager les recommandations suivantes :

- Intégrer la sécheresse comme paramètre de la tarification

- Prévoir la formation et la vulgarisation sur les concepts de la tarification.

- Revoir les modulations saisonnières et journalières tout en prenant en considération et les intérêts du producteur d'énergie et les intérêts des agriculteurs.

- Alléger les charges d'établissement des contrats et faciliter les procédures de règlements de la facturation.

- Multiplication des efforts et des actions d'assistance et de conseil technique par l'organisation de journées d'animation et de démonstration sur les techniques de gestion de la facture et d'économie d'énergie.

¹ Ingénieur - D.P.A - Fès

TARIFICATION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE A USAGE AGRICOLE

L. KHAJOUR¹

I- EVOLUTION DES MODES DE TARIFICATION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE A USAGE AGRICOLE

1- Importance de l'énergie électrique dans le secteur agricole

L'énergie électrique est de plus en plus utilisée dans l'irrigation notamment dans le pompage. La demande croissante de cette énergie est le résultat d'une politique d'aménagement hydro-agricole engagé par l'Etat depuis plusieurs décennies, qui a porté essentiellement sur le recours intensif à l'utilisation de l'énergie pour le pompage de l'eau d'irrigation.

Environ 26% de la superficie aménagée jusqu'à maintenant par les pouvoirs publics est irriguée par pompage.

La consommation en énergie électrique du secteur agricole représente environ 6% de la consommation électrique nationale dont 2,5% par les ORMVA.

En se référant aux Offices Régionaux de Mise en Valeur Agricole notamment les périmètres de la grande irrigation, les superficies dominées par les stations de pompage représentent 32% des superficies aménagées, dont 54% par relevage et 46% par mise en pression. Les besoins en énergie électrique de pompage pour ces organismes représentent 15% de la consommation des abonnés moyenne tension.

L'analyse de la part de l'énergie électrique dans le coût de l'eau et dans les charges de production des principales cultures au niveau des ORMVA dégage que :

- la part de l'énergie dans les charges de production agricole varie, en fonction des secteurs, de 3% (beht) à 32% (Garet).

- La part de l'énergie électrique dans le coût du service de l'eau (exploitation et maintenance) varie de 31% (Beht) à 74% (Garet), selon les secteurs.

De ces chiffres on peut déduire que, la facture énergétique constitue un poids lourd dans les charges récurrentes du service de l'eau, ainsi la viabilité du secteur agricole dépend étroitement des tarifs électriques en vigueur et de la maîtrise de la consommation d'énergie par les usagers.

Cette présente communication se limite au traitement des aspects liés à l'évolution au Maroc des systèmes tarifaires électriques à usages agricoles dans les deux dernières décennies.

2- Evolution des systèmes tarifaires

Depuis deux décennies, le secteur agricole a connu 4 systèmes de tarification électrique à savoir :

- Tarification monôme
- Tarification binôme ou MTG
- Système de tarification MT4
- Système de tarification MTvert

La description de ces systèmes est donnée ci-après.

2.1- Tarification monôme

Ce système de tarification a été d'une conception simple. La redevance de puissance ne figure pas dans la facture malgré qu'il y a une souscription de puissance annuelle.

La facture comporte en plus de la redevance de consommation, les 3 pénalités suivantes :

- pénalité de dépassement de puissance souscrite (0,15 . RC)
- pénalité pour non atteinte à la consommation annuelle garantie (600 heures . Ps)
- pénalité pour insuffisance de cosfi (1%.RC pour un centime d'insuffisance)

Le système tarifaire monôme distingue deux postes horaires; les heures pleines et le heures creuses.

2.2- Tarification binôme (MTG)

Le mois de décembre 82 a été marqué par le passage du tarif monôme vers le tarif binôme toujours à deux postes horaires, mais ce dernier comporte en plus de la redevance de consommation (DH/KWH) la redevance de puissance (DH/KW/an).

Lors du passage du tarif monôme au tarif binôme les redevances de consommation ont été augmentées d'environ 15%. Pour épargner certaines catégories de clients ONE des secteurs productifs de cette hausse, une ristourne leur avait été accordée. La ristourne accordée au secteur agricole a été de 0,09 DH/KWH. Ce niveau de ristourne est resté figé et n'a pas suivi les augmentations des tarifs de base survenues les années suivantes. Cette ristourne a été finalement supprimée en 1985.

Cette tarification est déjà complexe par rapport au tarif monôme. La facture d'électricité comporte des termes nouveaux et le mode de calcul de ses composantes est plus complexe.

Les abonnés doivent souscrire une puissance annuelle, susceptible d'être révisable à la fin de chaque trimestre, qui est facturée mensuellement à travers la redevance de puissance. La pénalité pour dépassement de puissance souscrite est aussi introduite et se traduit par une surfacturation du dépassement au prix de la moitié de la redevance de base.

Pour éviter des majorations excessives de la facture énergétique, une connaissance et une maîtrise de la consommation et de l'appel de puissance sont nécessaires.

L'aléa climatique ne permet pas aux agriculteurs de maîtriser d'une manière optimale ni leurs souscriptions ni leurs appels de courant, les pénalités sont restées aux aguets. En effet la

¹- Chef Service de l'Entretien et de la Maintenance à l'AGR/DDGI (Exposé réalisé par Mme Nabila GOUROUM - Ingénieur à l'AGR).

suscription d'une puissance élevée par rapport au besoin réel génère une majoration inutile de la redevance. Par ailleurs, une puissance souscrite faible expose l'agriculture au risque de pénalités de dépassement. De plus, la contrainte de la consommation minimale garantie reste en éveil.

La pénalité pour insuffisance de cosfi a été presque doublée, puisque la majoration est appliquée dans ce cas, non plus uniquement à la redevance de consommation mais également à la redevance de puissance. De même, le taux de majoration a doublé passant de 1% à 2%.

2.3- Système de tarification MT4

L'idée de mettre en place un système tarifaire à usage agricole a été dictée suite aux expériences vécues dans d'autres pays, à l'extension des superficies irriguées par pompage au cours des dernières décennies et au poids de plus en plus important que prend l'énergie électrique dans le coût du service de l'eau d'irrigation.

Au mois de mai 1989 le système tarifaire MT4 à usage agricole a été institué, suite aux résultats de l'étude de tarification de l'énergie électrique entreprise par EDF international à l'époque, sous l'égide du Ministère des Affaires Economiques, qui ont été très favorables à l'application d'un système tarifaire électrique approprié au secteur agricole.

Ce système a introduit deux concepts nouveaux :

- l'option d'utilisation: les prix de l'énergie électrique se différencient en outre selon les durées annuelles d'utilisation distinguant trois versions:

- Très longue utilisation: supérieur à 5500 heures

- Moyenne utilisation: comprise entre 2500 et 5 500 heures

- Courte utilisation : inférieure à 2 500 heures.

- La saisonnalité des tarifs: les redevances de consommation se différencient aussi selon deux saisons; l'été (avril - octobre) et l'hiver (novembre - mars).

La consommation minimale garantie n'est plus fixé par l'ONE. Ces abonnés peuvent choisir l'option qui correspond à leurs consommations.

Le tarif MT4 distingue quatre postes horo-saisonniers :

- heures pleines et de pointe d'hiver : HP hiver (7 à 24 sauf dimanche 17 à 22)

- heures pleines et de pointe été : HP été (7 à 24 sauf dimanche 17 à 22)

- heures creuses hiver : HC hiver (0 à 7 sauf dimanche 22 à 7)

- heures creuses été : HC été (0 à 7 sauf dimanche 22 à 7)

Les abonnés peuvent souscrire 4 puissances pour les 4 postes horaires.

Ps1 : puissance souscrite pour les heures pleines et de pointe hiver

Ps2: puissance souscrite pour les heures creuses hiver

Ps3: puissance souscrite pour les heures pleines et de pointe

Ps4: puissance souscrite pour les heures creuses été

Ces puissances doivent respecter les conditions suivantes:

$$Ps1 < Ps2 < Ps3 < Ps4 \text{ et } 10 \text{ kw} < Ps(i+1) - Psi \text{ [1]}$$

ou i est l'indice horaire

Entre 1989 et 1997, les abonnés n'ont pas été équipés de compteurs électroniques distinguant la puissance appelée selon les postes horaires pleines -pointe et creuses. Par conséquent et durant cette période les puissances souscrites ont été réduites à deux seulement hiver et été sans pouvoir distinguer entre ces postes horaires (Ps1 et Ps3).

La redevance de puissance est fonction de l'option d'utilisation. Elle se calcule comme suit:

$$RP = PF (r1Ps1 + r2 (Ps2 - Ps1) + r3(Ps3 - Ps2) + r4(Ps4 - Ps3) \text{ [2]}$$

PF : prime fixe de l'option concernée

r1=1, r2=0,25, r3=r4=0,05 sont des coefficients de réduction permettant de distinguer les postes horosaisonniers.

Avant l'installation des compteurs

électroniques la formule suivante a substitué la procédante :

$$RP = PF (Ps1 + 0,25(Ps2 - Ps)) \text{ [3]}$$

La redevance de dépassement de puissance et calculée selon cette formule:

$$\begin{aligned} & \text{Si } Psi < Pia \leq 1,33 Psi \\ \Rightarrow & RDPS = (PF/12).Ci.(Pia - Psi). \\ & \quad \quad \quad 1,1 \quad \quad \quad [4] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Si } Pia > 1,33Psi \\ \Rightarrow & RDPS = (PF/12).Ci. \\ & [0,33Psi.1,1 + (Pia - 1,33.Psi). 1,2] \text{ [5]} \\ & Ci = 9/5 \text{ pour l'hiver et } 3/7 \text{ pour l'été.} \end{aligned}$$

Pénalité pour insuffisance de cosfi

$$RDPS = 2.(0,8 - cofi).(RC + RP + RDPS) \text{ [6]}$$

Gain de l'application du MT4

Les simulations entreprises en juillet 97 sur les consommations des ORMVA en matière de l'énergie électrique pour la période 1992-1996, ont fait ressortir un avantage comparatif du MT4 par rapport au MTG avec des gains allant de 11% pour l'ORMVA du Souss-Massa jusqu'au 24% pour l'ORMVA du Loukkos comme le montre le tableau suivant:

ORMVA	Gains Moyens annuels (1992-1996)	
	MDH	%
Souss-Massa	5,9	11
Loukkos	19	24
Gharb	4,4	13
Doukkala	6,5	13
Moulouya	3,5	14

Contraintes et limites d'application du MT4

Si le système de tarification MT4 a apporté dès son application en 1989 des avantages et des gains par rapport au système MT général, il présente néanmoins des difficultés et des contraintes qui se résument comme suit:

- Tout dépassement de puissance souscrite est fortement pénalisé. En effet, Le système est très contraignant en cas du changement imprévisible du programme d'irrigation lié aux conditions climatiques.

- la fixation des options d'utilisation et des puissances souscrites a eu lieu une seule fois par an sans donner aux abonnés la possibilité de les modifier

au cours de l'année, une fois les données climatiques sont mieux définies.

- L'interdépendance des puissances souscrites dans le calcul des redevances de puissance induit une difficulté d'optimisation lors de la souscription.
- La restriction de la souscription au cours d'une même année à deux saisons et à une seule option tarifaire (plusieurs saisons et plusieurs options sont nécessaires par an).
- Les options tarifaires ne concordent pas avec les besoins optimaux des usagers.

Selon le dernier arrêté d'octobre 2000 réglementant les structures tarifaires et les tarifs de vente de l'énergie électrique aux clients consommateurs, le tarif MT4 sera supprimé au 31 décembre 2001.

II.4 - Système tarifaire MT vert:

Un nouveau système tarifaire MTvert a été institué en novembre 1997 pour les usagers agricoles moyenne tension. Ce tarif a pour objectif de faire l'économie de la complexité du système MT4.

Ce système fixe deux postes horaires à savoir les heures de pointe (de 17 à 22h en hiver et 18h à 23h en été) et les heures normales (de 22h à 17 heures hiver et 23 h à 18 heures été).

La redevance mensuelle de puissance est calculée sur la base de la puissance appelée par poste horaire du mois concerné et non en fonction des puissances souscrites. Ce tarif élimine la notion de souscription de puissances et par conséquent répond à une demande faite depuis plusieurs années par les agriculteurs.

Pour inciter les usagers agricoles à réduire leurs consommations en heures de pointe, l'ONE a mis un tarif plus cher pour ce poste horaire. Il a également éliminé le poste horaire des heures creuses qui présentent un coût du kwh intéressant dans le tarif MT4.

Ce nouveau tarif pénalise certaines catégories de consommateurs agricoles ayant une consommation énergétique importante en heures creuses et particulièrement en hiver (passage de 0,4702 DH/KWH à 0,7590 DH/kwh en option MT4, soit une augmentation de 61%).

Ce tarif peut être bénéfique si les clients

agricoles peuvent annuler ou réduire d'une manière considérable leurs consommations pendant les heures de pointe. Cependant pour le cas des ORMVA l'arrêt pendant la pointe peut conduire à la vidange des réseaux, et le rétablissement de l'irrigation après l'arrêt peut nécessiter, selon le cas, une durée très importante pour remplir les réseaux sans casse, notamment les réseaux aspersionnels en charge.

La facture comprend :

- La redevance de consommation qui est calculée à partir des tarifs horosaisonniers et de l'option d'utilisation.

- La redevance de puissance qui est calculée selon la formule suivante:

Si PAHP supérieur ou égale à PAHN

$$\Rightarrow RP = (Pf/12).PAHP \text{ (toutes les saisons)} \quad [7]$$

Si PAHP inférieur à PAHN

$$\Rightarrow \text{Hiver : } RP = (Pf/12).(PAHP + 0,6.(PAHN - PAHP)) \quad [8]$$

$$\Rightarrow \text{Été : } RP = (Pf/12).(PAHP + 0,4.(PAHN - PAHP)) \quad [9]$$

Pf : prime fixe de l'option concernée

PAHP: puissance appelée pendant les heures de pointe

PAHN: puissance appelée pendant les heures normales

- La majoration pour facteur de puissance inférieur à 0,80

RDFP= même formule ([4] et [5]) que MT4 .

II.5- La comparaison des structures des systèmes tarifaires MTG, MT4 et MTvert

La comparaison des structures des systèmes tarifaires MTG, MT4 et MTvert ainsi que l'évolution des taux d'accroissement relatifs des tarifs de base (1920-2001) sont donnés dans les tableaux n°1 et n°2 ci-après.

II - LIGNES DIRECTRICES POUR L'ELABORATION D'UN NOUVEAU SYSTEME TARIFAIRE A USAGE AGRICOLE

En octobre 1997, et à l'occasion des discussions entre le département de l'agriculture et l'ONE pour mettre en place le nouveau système tarifaire agricole MTvert, une commission

ONE/Agriculture a été désignée pour examiner les systèmes tarifaires à usage agricole en vigueur et dégager leurs limites et contraintes eu égard aux conditions imposées par la gestion des réseaux, en vue d'élaborer un nouveau système tarifaire à usage agricole répondant aux spécificités du secteur de l'agriculture et au souci de l'ONE d'écrêter la demande de pointe.

A l'issue de plusieurs visites de terrain et réunions à ce sujet, une première proposition concernant la définition d'un nouveau système tarifaire agricole a été élaboré par la Direction du Développement et de la Gestion de l'Irrigation en concertation avec les ORMVA.

Les principes de base de cette première proposition de tarif son énumérés ci-dessous:

a- Les grands consommateurs (ORMVA et Grandes exploitations)

- le maintien de la tranche tarifaire des heures creuses prévues dans le système MT4.

- l'instauration d'un tarif plus incitatif à la réduction des appels de puissances pendant les heures de pointe. Pour cela, il est nécessaire de définir les coefficients de puissance réduite (ri) en fonction des efforts accomplis par les usagers à réduire la puissance appelée en heures de pointe par rapport à celles des heures normales (pleines et creuses).

- l'introduction d'une nouvelle option tarifaire (longue utilisation " LU ") correspondant à une utilisation entre 4000 à 5000 heures.

- la souscription de plus d'une option tarifaire dans l'année.

b- Les petits consommateurs

- l'élimination de la redevance de puissance.

- La réduction de la redevance de consommation à l'instar de ce qui est pratiqué dans les autres pays comme la Tunisie.

Tableau n° 1 : COMPARAISON DES STRUCTURES DES SYSTEMES TARIFAIRES MTG, MT4 et MTVert

Désignation	MTG	MT4	MTVert
Saisons	Hiver : du 1/10 au 31/03 Eté : 01.04 au 30/09	Hiver : du 1/11 au 31/03 Eté : du 1/4 au 31/10	même que MT4
Options tarifaires	Aucune option	TLU : > 5 500 h/an MU : <= 2 500 et >= 2 500 h/an CU : < 2 500 h/an	Même que MT4
Postes Horosaisonniers	Hivers Eté HP : 17-22 18-23 HPL: 07-17 07-18 HC: 22-07 23-07	Jrs.OV Dimanches HP+HPL 7-24 17-22 HC: 00-7 22-17	Hiver Eté Hp : 17-22 18-23 Hn : 22-17 23-18
Souscription de Puissances	1 seule puissance soucrite (PS) par an en KVA	.4PS en KW (1 fois par an) .En pratique 2PS par an	Pas de souscription de puissance
Redevance de puissance mensuelle	RP = (Pf/12)xPs Pf = est fixe (291DH/KVA/an)	Rp=(Pf/12)x(Ps1+0,25(Ps2-Ps1)+0,05(Ps3-Ps2)+0,05(Ps4-Ps3)) Pf = fonction de l'option d'utilisation 346<= Pf <= 1 732 DH/kw/an	Si PAHP >= PAHN : RP=(Pf/12)*PAHP Si PAHP < PAHN : Hiver Rp=Pf/12(PAHP+0,6.(PAHN-PAHP)) Eté Rp=Pf/12(PAHP+0,4.(PAHN-PAHP))
Pénalités de dépassement de puissances soucrites	RDPS=1,5.Pf/12 (PA-Ps)	Si PAi >= 1,33 Psi : RDPS=1,2.Pf/12(PAi-Psi) Si PAi < 1,33 Psi RDPS=1,1.Pf/12(PAi-Psi)	Pas de pénalité
Redevance de la consommation	-même pour toute l'année -variables selon trois tranches horaires	. variable selon la saison . variable selon l'option d'utilisation	mêm structure que MT4
Majoration cos fi	majoration de 2% des redevances pour chaque centième d'insuffisance de cosfi	même disposition	même disposition

Tableau n°2 : EVOLUTION DES TAUX D'ACCROISSEMENT RELATIFS DES TARIFS DE BASE POUR LES 3 SYSTEMES TARIFAIRES (MTG, MT4, MTvert) (1990-2001)

Date de modification	MTG %		MT4 %		MTvert %	
	Prime fixe	Redevance de consommation	Prime fixe	redevance de consommation	Prime fixe	redevance de consommation
Juin 90	4.03	9.95	0	0		
Avril 93	5.81	6	6	6		
Avril 94	6.59	6.66	6.72	6.72		
Janvier 96	0	HPL = 7.06 HC = - 2.32	0	HpLpt = 1.94 ---- 3.45 HC = 4.27 ----- 4.88		
Octobre 97	0	HPL= - 6 HC= -10	0	0	institution du tarif	
Juillet 98	0	Hpt = 0 Hpt = - 8.2 HC = - 9.5	0	0	0	Changement du coef prime fixe pour été de 0,6 à 0,4
Octobre 2000	0	Hpt = - 8,9 HPL = - 21,9 HC= - 23,9	-10	-10	-10	Hpt = - 10 Hn = - 15,8

L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE : LES GRANDES TENDANCES A L'ECHELLE INTERNATIONALE ET LES LEÇONS A TIRER POUR LE MAROC ET LES AUTRES PAYS EN DEVELOPPEMENT

B. Rzoui¹, S. Denguir¹ et I. El Hardouze¹

INTRODUCTION

Le souci de l'Homme pour la dégradation de l'environnement et la prise de conscience des consommateurs de la qualité des aliments et leurs impacts sur leur bien être, ont pris de l'ampleur au cours des 20 dernières années. Ce mouvement, plus ancien dans les pays développés (P.D) que dans les pays en voie de développement (P.V.D) a succédé à plus de trois décades d'efforts soutenus d'intensification agricole de part le monde. Cet effort d'intensification a pris plusieurs noms dont le plus populaire était la révolution verte.

Durant cette période, les pays du nord, notamment l'Europe occidentale et centrale, l'Amérique du Nord et l'Australie, ont dépassé l'objectif d'autosuffisance, et se sont vite trouvés face à des excédents de production agricole qu'ils n'ont pas pu écouler en totalité sur le marché international des denrées alimentaires. Durant cette même période et jusqu'à présent, les pays du sud, dont ceux d'Afrique, d'Asie et d'Amérique latine ont continué leurs efforts d'intensification agricole sans pour autant atteindre l'objectif recherché, qui est l'autosuffisance alimentaire.

Les surplus de production agricole enregistrés au niveau des pays développés ont poussé ces derniers à revoir leurs politiques agricoles et c'est dans le cadre de cette révision que naquit l'idée de mettre en jachère permanente certaines terres agricoles (cas des pays de la communauté européenne et des Etats Unis d'Amérique). En parallèle, le

mouvement écologiste commençait à gagner du terrain, et visait dans son agenda politique à combattre les abus de la technologie, surtout dans les aspects qui avaient des effets néfastes et irréversibles sur l'environnement. Ce mouvement a alors accéléré la prise de conscience des consommateurs, déjà importante, sur la nécessité de privilégier la consommation de tout ce qui est naturel. Il faudrait dire qu'on avait assisté dans ces pays à une concordance entre les choix économiques des pouvoirs politiques dictés par la détérioration des prix des produits agricoles, la réduction des marges bénéficiaires des producteurs, et l'émergence d'une classe de consommateurs plus exigeante en terme de qualité des produits alimentaires.

L'utilisation des pesticides et herbicides de synthèse ainsi que les fertilisants chimiques à l'origine des gains de productivité ont été jugée excessive pour les environnementalistes qui leur imputent de nombreux problèmes de santé humaine et animale ainsi qu'un réel préjudice sur la qualité de l'environnement. L'agriculture intensive, dite conventionnelle, est donc jugée compromettante pour la durabilité des systèmes de production agricole et des écosystèmes naturels, combien vitaux pour la survie des générations futures.

Les récents scandales déclenchés par la maladie de la vache folle, responsable de la maladie de Creutzfeldt-Jakob chez les humains, ainsi que la progression des taux d'intoxications alimentaires et de maladies soupçonnées d'être causées par les fortes doses des produits phytosanitaires et des hormones animales de synthèse dans les aliments, ont accentué cette tendance des

consommateurs à s'intéresser à tout ce qui est naturel. C'est de là que venait effectivement l'intérêt des consommateurs pour des produits naturels et prôné l'orientation vers une agriculture alternative et plus durable (Bailleux et Scharpe, 1994). Dans le souci de remédier aux principaux problèmes causés par les pratiques de l'agriculture conventionnelle, ce type d'agriculture doit viser la promotion de la diversité biologique, mais aussi culturelle et l'amélioration de la santé humaine et animale, et de la fertilité des sols.

L'agriculture biologique est un système holistique qui vise à maximiser la productivité et la condition physique des diverses communautés à l'intérieur de l'agroécosystème, y compris les organismes du sol, les végétaux, les animaux d'élevage et les personnes (Anonymous, 1999).

Dans l'absence d'évaluations exhaustives et objectives des avantages présumés de l'agriculture biologique par rapport à l'agriculture conventionnelle, Brangeon et Chitrit (1999) ont rapporté plusieurs indicateurs en faveur de la première. Ses principaux avantages résident donc dans :

- la conservation des ressources naturelles ;
- plus de biodiversité ;
- la mise en place de systèmes de productions agricoles plus diversifiées ;
- la génération de plus de journées de travail ;
- l'amélioration des revenus de agriculteurs ;
- la préservation des communautés rurales et péri-urbaines ;
- plus de diversité culturelle,...etc.

¹- Respectivement, Professeur et ingénieurs agronomes, Département d'Agronomie et d'Amélioration des Plantes, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, BP 6202, Rabat-Instituts, Rabat. Adresse électronique : sb.rzoui@iav.ac.ma

Par ailleurs, ce type d'agriculture renforce le sentiment de bénéfice mutuel entre la communauté des consommateurs et celle des producteurs: les premiers acceptent de bon gré de payer plus cher pour le plaisir de consommer des produits agricoles naturels, tout en étant conscient de l'effet positif que cette différence de prix pourrait avoir sur la vie des agriculteurs et leurs familles en particulier et sur leurs communautés en général. Or, la concrétisation de ce partenariat supposerait l'organisation de campagnes de sensibilisation parmi les consommateurs potentiels des produits issus de l'agriculture biologique. De telles campagnes doivent être soutenues et exécutées aussi bien par les instances gouvernementales que par les organisations non gouvernementales.

L'agriculture biologique est souvent présentée comme une des principales alternatives possibles des systèmes de productions agricoles actuels. En effet, Les statistiques mondiales montrent que l'agriculture biologique est pratiquée dans un grand nombre de pays, et que les superficies allouées à ce type d'agriculture sont en progression (CCI, 1999). Cependant, le rythme de croissance de ce secteur diffère d'un pays à l'autre.

Dans les pays en voie de développement dont fait partie le Maroc, et malgré le grand potentiel de développement de ce type d'agriculture, ce secteur reste marginal, désorganisé et très loin de jouer le rôle qu'il se doit dans le développement économique et durable de ces pays.

Cet article se propose de donner un bref aperçu sur l'état actuel de l'agriculture biologique à travers le monde, en décrivant les principales tendances à l'échelle mondiale, et la situation de ce secteur au Maroc. Il émet également quelques suggestions sur les voies d'amélioration possibles pour que ce secteur puisse répondre aux attentes des principaux concernés qui sont les producteurs, et bénéficier à leurs communautés.

La pratique de l'agriculture biologique et les grandes tendances à l'échelle mondiale

L'agriculture biologique est pratiquée dans beaucoup de pays. Selon les statistiques disponibles à ce sujet, les superficies réservées actuellement à cette pratique sont respectivement de 7,671 ; 3,729 ; 1,174 ; 3,166 ; 0,0514 et 0,0226 million d'hectares, en Océanie (Australie et autres pays limitrophes), Europe, Amérique du nord, Amérique latine, Asie, et Afrique (Figure 1). Ces figures représentent les chiffres officiels relatifs à l'agriculture biologique certifiée, et ne mentionnent pas les vastes terres d'Afrique, d'Asie, et d'Amérique latine, où plusieurs cultures sont produites sans aucun apport de fertilisants ni de produits phytosanitaires de synthèse.

réservées à ce secteur ont presque doublé entre 1995 et 2000 (Lampkin, 1999).

L'agriculture biologique est devenue une pratique courante dans plusieurs pays d'Amérique latine. Cependant, c'est en Argentine, Brésil, Mexique, Paraguay, et Pérou (Yussefi, 2001), qu'elle est le plus développée. En Asie, il n'existe pas pour l'instant de définition claire de l'agriculture biologique, et le processus de certification est encore détenu par des organismes de certification étrangers, notamment américains, européens et australiens. La situation en Afrique, où la majorité des terres agricoles sont encore exploitées selon des pratiques traditionnelles qui ne diffèrent pas beaucoup d'une conduite recommandée en mode organique formalisée, est

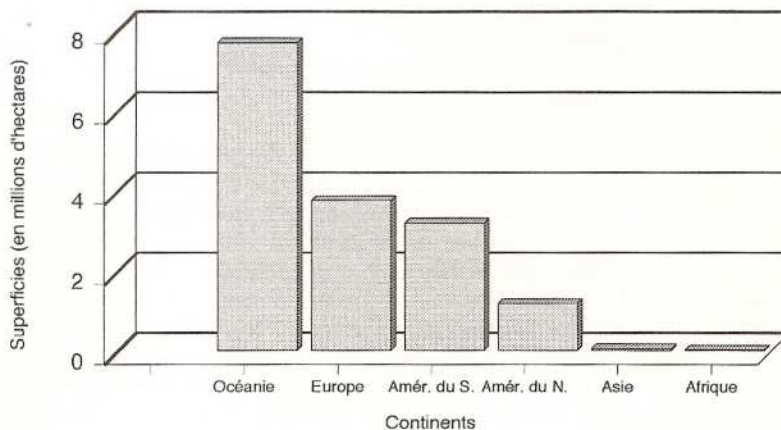


Figure 1. Distribution des superficies allouées à l'agriculture biologique à l'échelle mondiale.

L'Australie présente le ratio terre conduite en agriculture biologique sur la SAU totale du continent le plus élevé, avec environ 17,97%. L'Europe vient en second lieu avec 2% en moyenne (Lampkin, 1999). Ce ratio peut atteindre 50% dans les régions de montagne en Autriche et dans le sud d'Italie. Le taux de croissance des superficies converties à l'agriculture biologique en Europe se maintiendra probablement dans le futur, puisque le taux de conversion annuel est de 26% environ. Au Canada et aux Etats Unis d'Amérique, la conversion à l'agriculture biologique s'accroît également à un taux aussi élevé qu'en Europe. En effet, les superficies

similaire à celle d'Asie. Le processus de certification est aussi exclusivement entre les mains d'entités étrangères, surtout d'origine européenne.

La Chine et l'Inde, disposent de leurs propres structures et sont en cours de préparer leur propre organisme de certification, lequel pourrait être adopté éventuellement par les autres pays asiatiques, comme le Thaïlande, la Malaisie, et le Japon (Pronatura Magazine, 2000). Ainsi, exception faite de ces deux pays, et selon les informations disponibles à présent, il n'y a eu pas de tentatives sérieuses et dignes de nom en Afrique ou en Amérique latine pour l'élaboration

d'organismes certificateurs nationaux ou régionaux. l'agriculture biologique dans les différents pays en considérant toutes les caractéristiques (e.g. l'importance relative de l'agriculture biologique par rapport à l'agriculture dite conventionnelle, la stratégie adoptée par Si l'on analyse les secteurs de leurs caractéristiques (e.g. l'importance relative de l'agriculture biologique par rapport à l'agriculture dite conventionnelle, la stratégie adoptée par

Tableau 1. Les points qui font la force et la faiblesse de l'agriculture biologique dans certains pays
(Adapté de El Hardouze, 2001).

Pays	Les facteurs en faveur du développement de l'agriculture biologique	Contraintes au développement de l'agriculture biologique
France	<ul style="list-style-type: none"> -Demande toujours croissante en produits biologiques. -Importance des subventions offertes aux agriculteurs pratiquant le mode biologique par le gouvernement Français, pendant et au delà de la période de conversion. 	<ul style="list-style-type: none"> -Faible encadrement technique des agriculteurs due à l'insuffisance de la formation de techniciens spécialistes en agriculture biologique. -Faible organisation de la filière. -Importations élevées des produits biologiques du fait que la demande interne dépasse la capacité de production.
Belgique	<ul style="list-style-type: none"> -D'importantes subventions étatiques aux agriculteurs qui pratiquent le mode de production biologique. -Meilleure organisation des producteurs comparativement à la France. 	<ul style="list-style-type: none"> -Le pays importe des produits biologiques pour satisfaire la demande interne qui est supérieure à l'offre.
Italie	<ul style="list-style-type: none"> -Fort % d'agriculteurs qui pratiquent l'agriculture biologique. -Présence d'un très grand nombre de fermes traditionnelles. -Expansion du bio tourisme. -Adoption d'une stratégie claire en matière de promotion de l'agriculture biologique visant à profiter du grand nombre de fermes traditionnelles dans le pays. -Forte demande en produits issus de l'agriculture biologique dans les pays voisins d'Europe. 	<ul style="list-style-type: none"> -Demande en produits biologiques relativement faible par rapport à la capacité de production, ce qui oblige les producteurs à chercher des marchés à l'extérieur du pays.
Espagne	<ul style="list-style-type: none"> -Forte demande en produits issus de l'agriculture biologique dans les pays voisins d'Europe. 	<ul style="list-style-type: none"> -Demande interne en produits biologiques faible.
U.S.A	<ul style="list-style-type: none"> -Premier pays producteur et premier consommateur de produits biologiques certifiés dans le monde. -Consommation interne en produits issus de l'agriculture biologique en perpétuelle augmentation. -Grande disponibilité en terre, ce qui constitue un atout majeur dans ce pays. 	<ul style="list-style-type: none"> -La tolérance des organismes génétiquement modifiés (OGM), l'utilisation des eaux usées, ainsi que les radiations par les organismes certificateurs constituent les principales faiblesses de ce secteur.
Canada	<ul style="list-style-type: none"> -Grande disponibilité en terre, ce qui constitue un atout majeur. -Faible degré d'attaque par les insectes et les maladies à cause du climat froid. -Importantes subventions offertes aux agriculteurs qui pratiquent l'agriculture biologique. -La proximité du marché américain constitue le principal atout. 	<ul style="list-style-type: none"> -Demande interne en produits issus de l'agriculture biologiques faible.
Australie	<ul style="list-style-type: none"> -Le secteur d'agriculture biologique est relativement bien organisé. -Le secteur de l'agriculture biologique offre une gamme très diversifiée de produits. 	<ul style="list-style-type: none"> -La demande interne en produits issus de l'agriculture biologique est faible.

Pays	Les facteurs en faveur du développement de l'agriculture biologique	Contraintes au développement de l'agriculture biologique
Madagascar	-La grande disponibilité en terre constitue un atout majeur. -La main d'œuvre est disponible et pas chère.	-La production est en grande partie exportée à cause de la très faible demande interne.
Kenya	-Ce pays est parmi les rares pays du tiers monde qui ont préparé une bonne base pour un développement soutenu et durable de ce secteur. -Ce pays a bien investi dans la formation des agriculteurs et vulgarisateurs à travers la formation continue.	Information non disponible.

chaque gouvernement pour promouvoir ce secteur, l'importance relative de la consommation locale par rapport à l'export des produits biologiques, ...etc), chaque pays peut être considéré comme un cas spécial. Cependant, il est possible de faire une typologie permettant de classer les pays selon des critères pertinents. La recherche bibliographique que nous avons effectué nous a permis d'élaborer une typologie classant les pays en trois principales catégories (Tableau 2) :

Groupe I : Ce groupe est composé de pays industrialisés à agriculture développée. La demande interne pour les produits issus de l'agriculture biologique est supérieure aux capacités de production actuelles à l'intérieur de leurs frontières. Malgré la croissance continue des superficies réservées à ce type d'agriculture, la demande des consommateurs augmente à un taux qui dépasse leurs capacités de production. Cette augmentation rapide de la demande en ces produits témoigne du niveau de conscience de la part des consommateurs. Ces derniers expriment leur préférence pour des produits naturels en raison d'une part de leur bien-être immédiat, mais aussi d'autre part par conviction et solidarité et dans un souci de contribuer à préserver les ressources naturelles en encourageant des pratiques respectueuses de l'environnement, dont l'agriculture biologique, ou pour les deux raisons à la fois. Ce groupe est composé essentiellement de l'Europe occidentale, des pays nordiques d'Europe, des Etats Unis d'Amérique, et du Japon, où le pouvoir d'achat est élevé.

Les gouvernements de ces pays encouragent le développement de l'agriculture biologique et d'autres

systèmes de production agricoles alternatifs, en offrant aux agriculteurs qui acceptent de se reconverter des subventions assez importantes. Souvent, la subvention est particulièrement importante pendant la phase critique de conversion, qui peut durer entre une année et trois ans selon l'histoire culturelle de la parcelle en question. L'objectif de cette subvention est d'aider l'agriculteur à compenser les pertes de productivité liées souvent à cette phase de transition, lui permettant ainsi de minimiser les risques financiers, et lui permettre de faire face aux investissements nouveaux en matériel qui viennent s'ajouter aux difficultés de management technique et aux nouveaux défis imposés par cette conversion. La subvention permet ainsi à l'agriculteur de vivre cette transition dans de meilleures conditions matérielles et d'éviter des aléas pouvant compromettre la durabilité de son système de production et la survie de son exploitation.

Convaincus du rôle stratégique que la recherche joue dans tous les secteurs de l'économie, les pays appartenant à ce groupe allouent des fonds consistants pour le financement des activités de recherche dans les divers domaines propres à l'agriculture biologique. Les domaines de recherche embrassent un vaste champs d'investigation allant de la recherche fondamentale (bactéries activatrices de la croissance, bactéries fixatrices d'azote, bio-herbicides, ...), à la recherche appliquée relative à tout l'itinéraire technique ou au mode de conduite des animaux. Nous devons mentionner à cet égard que les aspects de vulgarisation ne se limitent pas aux producteurs, mais visent également la sensibilisation des consommateurs et

des pouvoirs publics à l'importance du développement des pratiques agricoles alternatives, dont fait partie le mode biologique.

Groupe II. Ce groupe correspond aux pays industrialisés où la production des denrées alimentaires issues de l'agriculture biologique est supérieure à la demande interne de ces produits. Les pays appartenant à ce groupe sont représentés essentiellement par l'Australie, le Canada, l'Italie et l'Espagne. A titre d'exemple, l'Espagne exporte actuellement les 2/3 de sa production vers les pays limitrophes d'Europe, mais aussi vers les Etats Unis d'Amérique.

Notons que la production des denrées alimentaires selon le mode biologique prend place généralement dans la partie sud de ces pays alors que la demande pour ces produits est surtout importante dans le nord. Ceci est essentiellement du aux particularités économiques de ces régions, où les zones nordiques sont plus industrialisées et présentent des niveaux de vie beaucoup plus élevés que dans les régions méridionales plus orientées plus vers l'agriculture et où le niveau des revenus des populations est plus faible.

L'Espagne, le Canada, et l'Italie sont caractérisés par une demande interne en produits biologiques limitée. Ce qui constitue leur principale et commune faiblesse. Cependant, au sein de ce groupe, les facteurs à l'origine du développement de ce secteur diffèrent (Tableau 1). Ainsi, au Canada, le développement rapide de ce secteur a été favorisé par la disponibilité en terres agricoles, l'importance des subventions étatiques octroyées aux agriculteurs acceptant de se convertir à l'agriculture

biologique, le climat froid responsable d'un faible niveau d'attaque par les maladies et insectes, et enfin la proximité géographique des Etats Unis d'Amérique qui représentent un grand marché pour les produits biologiques. Le développement de l'agriculture biologique en Italie et en Espagne a été encouragé par la demande croissante des pays voisins de la communauté européenne en produits biologiques. Le cas de l'Italie est caractérisé lui par un grand nombre de fermes traditionnelles, et par l'importance donnée au développement du tourisme écologique et au bio-tourisme. Ce pays a lancé une vaste campagne de sensibilisation visant à augmenter la demande interne en produits biologiques, en encourageant l'utilisation exclusive des produits certifiés biologiques dans la restauration touristique et surtout dans les cantines scolaires.

Groupe III. Ce groupe est composé essentiellement de pays en voie de développement. Ce groupe peut être représenté par le Kenya, Madagascar, et le Maroc. La principale caractéristique de ce groupe est la dépendance totale vis-à-vis des marchés étrangers pour la commercialisation des produits biologiques en absence presque totale de toute demande intérieure. Ceci est principalement dû au faible pouvoir d'achat de la population de ces pays et au manque de sensibilisation parmi la population quant aux avantages multiples que présente la promotion de ce type d'agriculture. Or, ceci ne voudrait pas dire que la population des pays en voie de développement n'est pas consciente des risques que représente l'utilisation abusive des pesticides et des engrais chimiques sur sa santé et sur l'environnement d'une façon générale. Comme cela ne voudrait pas dire que la population des pays en voie de développement ne s'intéresse pas à la promotion d'une agriculture durable et respectueuse de l'environnement.

Le faible degré d'intensification des systèmes de culture dans ces pays, se traduit par un faible taux d'utilisation des engrais et pesticides de synthèse, ce qui rendrait en principe le processus de conversion à l'agriculture biologique plus simple et plus court. Théoriquement, la main d'œuvre

abondante et bon marché dans ces pays constitue un atout supplémentaire car elle permet de réduire la rubrique main d'œuvre bien lourde dans ce type d'agriculture.

Tous ces atouts donneraient des avantages comparatifs aux pays appartenant à ce groupe par rapport aux pays industrialisés des groupes I et II. Or, ce développement espéré de l'agriculture biologique n'a pas eu lieu jusqu'à présent dans ces pays pour de nombreuses raisons. Ainsi, ces pays, ne disposent pas de leurs propres systèmes de certification, et dépendent encore des services des entités de certification étrangers pour accéder aux marchés européens. Ces pays n'ont donc en réalité que très peu de contrôle sur la destinée de leurs produits. Pire encore, les intrants, bien différents de ceux utilisés en agriculture conventionnelle, sont souvent entre les mains des mêmes intermédiaires étrangers.

Par ailleurs, du fait que les PVD voient dans cette activité un créneau prometteur en matière d'exportation, ces derniers doivent se donner tous les moyens qui leur permettent de mettre en place des programmes de développement de ce type d'agriculture. Cependant, dans l'absence d'une réflexion sérieuse quant au rôle que ce secteur pourrait jouer dans l'économie de ces pays, la situation qui prévaut actuellement risque de durer longtemps.

De plus, ces pays risquent de réitérer les erreurs du passé telles celles commises durant la période coloniale et post-coloniale avec l'orientation de leur agriculture vers la satisfaction des marchés européens au détriment de celle des besoins en denrées alimentaires de base.

Nous avons évoqué précédemment l'atout majeur que pourrait représenter la main d'œuvre abondante et bon marché caractérisant les PVD. Elle peut néanmoins être un indicateur d'un faible pouvoir d'achat au niveau de ces pays et serait responsable de la faible demande interne pour les produits issus de l'agriculture biologique, ce qui accentuerait encore davantage la dépendance de ces pays vis-à-vis des marchés extérieurs.

Par opposition aux pays appartenant aux

deux groupes précédents et qui sont tous industrialisés, les PVD n'investissent rien ou très peu dans le domaine de la recherche et de l'encadrement des agriculteurs en général et encore moins des producteurs des produits biologiques. Ces pays n'adoptent aucune stratégie claire en terme de politique agricole en général et pour le développement d'une agriculture alternative en particulier.

La persistance d'un taux élevé d'analphabétisme au sein des populations rurales de ces pays reste l'handicap majeur à tout progrès dans le domaine agricole. Cette situation rend difficile toute tentative de "modernisation" du secteur agricole conventionnel et rend encore plus difficile le passage vers une agriculture plus raisonnée, plus respectueuse de l'environnement, et utilisant les lois de la nature pour mieux gérer les écosystèmes artificiels. L'agriculture biologique est bien différente de l'agriculture telle qu'elle est pratiquée traditionnellement dans les PVD, car elle nécessite un savoir-faire et une maîtrise des nouvelles technologies au même titre sinon à un niveau plus élevé qu'en agriculture conventionnelle. Contrôler les maladies, les insectes et les mauvaises herbes sans utiliser les produits phytosanitaires, n'est pas chose facile, car elle nécessite une parfaite maîtrise des nombreux facteurs et conditions qui ont une influence sur l'occurrence de ces derniers.

Les PVD, dont le Maroc, doivent élaborer des stratégies de développement de l'agriculture biologique en tenant compte des avantages comparatifs déjà mentionnés, des ressources naturelles, des écosystèmes encore vierges et très peu artificialisés dont ils disposent. Le peu d'investisseurs nationaux, qui se sont engagés dans cette voie dans la recherche de nouvelles opportunités suite au recul des exportations agricoles vers l'Europe, sont livrés à eux même sans aucun appui des pouvoirs publics.

L'état actuel de l'agriculture biologique au Maroc

Depuis l'indépendance du Maroc, les gouvernements successifs ont élevé le secteur agricole au premier rang des priorités du développement économique

et social du pays. Les objectifs déclarés par le plus récent gouvernement peuvent être résumés en deux principales catégories :

Les objectifs d'ordre économique :

□ Travailler dans l'objectif de rendre le secteur agricole plus compétitif, en préparant le pays à relever les défis de la globalisation de l'économie mondiale qui se profile à l'horizon ;

□ Diversifier les partenaires commerciaux et conquérir de nouveaux marchés pour les produits agricoles nationaux ;

□ Améliorer les revenus des agriculteurs ainsi que le niveau de vie de leurs familles.

Les objectifs sociaux :

□ Contribuer à la sécurité alimentaire du pays ;

□ Réduire ou ralentir l'élargissement du décalage qui ne cesse de s'approfondir entre la minorité riche et l'écrasante majorité pauvre ;

□ Contribuer à la préservation des ressources naturelles.

Ces priorités, telles qu'elles sont définies par le Ministère de l'Agriculture, comptent parmi les mesures qui doivent être prises pour que le secteur agricole joue pleinement son rôle dans un plan de développement intégré et durable. Cependant, nous ne sommes pas convaincus que le Maroc, ainsi que bien d'autres PVD, aient sécurisé les fonds et les moyens humains nécessaires pour atteindre les objectifs déclarés et aient pris des mesures pratiques et courageuses permettant que les souhaits exprimés dans les objectifs fixés soient atteints.

L'état de l'agriculture biologique au Maroc, dont le développement va contribuer à l'atteinte partielle de tous les objectifs spécifiés ci-dessus illustre bien notre point de vue.

Le Maroc dispose de tous les ingrédients nécessaires pour le développement de ce type d'agriculture, dont :

- Faible taux d'utilisation des fertilisants et pesticides de synthèse (Tableau 2). Pour toutes les cultures confondues,

51,2% seulement des exploitations agricoles utilisent une forme d'engrais chimiques, et 33% parmi celles-ci utilisent une forme de pesticides (Anonyme, 1997). Le degré d'utilisation des pesticides est relativement faible au niveau des petites exploitations (Tableau 2). Si l'on prend le cas des herbicides, une forte proportion est utilisée sur les céréales, soit 76%. Malgré cela, seulement 20% environ des superficies céréalières sont traitées avec les produits herbicides, et 15% seulement des superficies emblavées en blé dur sont traitées (Harmouchi, 1996). Cela signifie qu'une large quantité de ces denrées ne contiennent pas les produits chimiques interdits à l'utilisation dans l'agriculture biologique, et que la phase de reconversion serait brève sinon nulle. Tout ce qui est demandé dans ces cas est le développement d'une stratégie de commercialisation de la production. De la même manière des milliers d'hectares d'arbres fruitiers n'ont jamais été traités chimiquement, et la seule fertilisation utilisée dans ces situations a été toujours le fumier.

□ Une longue saison de croissance, avec des niveaux de rayonnement solaire élevés rendant facile la pratique de nombreuses cultures, pourvu que le facteur eau ne fasse pas défaut.

□ La proximité du Maroc des principaux marchés des produits biologiques d'Europe.

□ Une main d'œuvre abondante et très peu coûteuse, permettant au produit national d'être hautement compétitif.

□ Le niveau d'intégration élevé entre les systèmes de production végétale et animale chez la quasi-majorité des exploitations marocaines, atténuerait la contrainte de non-disponibilité du fumier sur la ferme ou dans son entourage immédiat, comme c'est le cas dans bien de pays d'Europe et d'Amérique.

La pratique de l'agriculture biologique comme elle s'est définie au cours de la 2ème moitié du 20ème siècle, est relativement nouvelle au Maroc. Les premières expériences dans ce domaine ont débuté au début des années quatre vingt dix avec les initiatives prises par des investisseurs européens, encouragés par les avantages spécifiés ci-dessus offerts par le Maroc et par la demande croissante pour les produits biologiques en Europe.

L'évolution des superficies réservées à l'agriculture biologique était lente au début des années quatre vingt dix, relativement plus rapide à la fin de la même décade (Tableau 3). Cependant, si les contraintes que connaît actuellement ce secteur persistent (cf. contraintes et perspectives), son avenir ne semble pas très prometteur, sauf si le gouvernement prend dans un proche avenir des mesures visant à lui donner un nouvel élan.

Tableau 2. Degré d'utilisation des pesticides et engrais en agriculture au Maroc.

Taille de SAU en Ha (T)	Pourcentage du nombre des agriculteurs utilisant les engrais minéraux		Pourcentage du nombre des agriculteurs utilisant les pesticides	
	% du total	% dans T	% du total	% dans T
< 1	19,8	46	12,1	18,1
[1 - 3 [	31,2	51,1	27,6	29,2
[3 - 5 [	17,3	53,2	18,5	36,7
[5 - 10 [	18,3	54,2	22,2	42,3
[10 - 20 [	9,1	53,1	12,7	48
[20 - 50 [	3,4	52	5,4	53,1
[50 - 100]	0,6	59,1	1	61,8
> 100	0,3	72,7	0,5	71
TOTAL	100	51,2	100	33

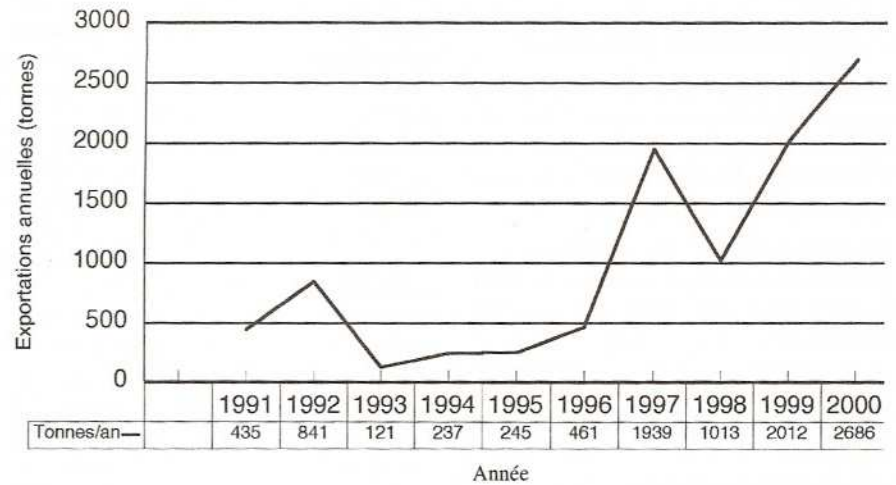
(Anonyme, 1996).

Selon l'Organisme Autonome de Contrôle et de Coordination (EACCE, 2000), et nos propres enquêtes auprès des différents acteurs qui opèrent dans ce domaine, les superficies réservées à l'agriculture biologique certifiées (Tableau 3) ont augmenté de 200 ha en 1997 à 929 ha en 2000-2001.

Aux côtés des cultures annuelles et arbres fruitiers, on peut ajouter certaines essences forestières, telles que l'arganier, où environ 500 ha sont actuellement utilisées pour extraire l'huile d'arganier, et environ 2000 ha de plantes médicinales et aromatiques qui sont exploitées annuellement (Kenny, cité par El Maloui, 2001).

Le nombre exact de producteurs ayant entamé le processus de production biologique certifié est relativement limité, et reste inconnu à cause de la difficulté d'accès à l'information au niveau des régions. Ces producteurs sont surtout marocains, mais aussi

Figure 2. Evolution des exportations annuelles du Maroc en produits biologiques (tonnes).



étrangers.

Les régions dans lesquelles l'agriculture biologique certifiée est pratiquée sont principalement le Haouz, Souss Massa,

Année

Tadla, Skhirat, Azemmour, et Saïs (Tableau 4).

Les quantités exportées ont connu des hauts et des bas, avec une tendance à la hausse (Figure 2).

Les produits exportés sont dominés par les agrumes et les primeurs et sont représentés par les tomates, pomme de terre, piment doux et piquant, aubergines, petit pois, courgette, melon, oignons, carottes, ail et concombres.

Les faibles quantités exportées et la croissance faible du marché de l'export des produits biologiques sont partiellement dues à la complexité du processus de certification, à l'incertitude des marchés européens, et aux faibles rendements causés par la non maîtrise des techniques de production biologiques chez certains producteurs. Cependant, les principaux facteurs à incriminer sont l'absence de marchés, la très courte période durant laquelle le marché européen est ouvert aux produits marocains, et enfin l'absence de vision par les autorités compétentes du pays, supposées illuminer le chemin et négocier de meilleurs arrangements au profit du produit national. Le marché européen n'est en effet ouvert aux produits venant de l'extérieur de la communauté européenne que durant les périodes de l'année où il est difficile de satisfaire la demande à l'intérieur de ces pays à partir de la production au sein des pays membres ou à partir des pays plus privilégiés par les mesures de

Tableau 3: Evolution des superficies allouées à l'agriculture biologique certifiée au Maroc.

Cultures et arbres fruitiers	1996-1997 ¹	1997-1998 ¹	2000-2001
Primeurs	81	42	214 ²
Agrumes	87	455	225 ²
Plantes médicinales	8	64	82 ²
Olives	24	100	134 ²
Prunes	-	-	3 ²
Safran	-	1	12
Câprier	-	-	100 ³
Raisins	-	-	130 ³
Noyer	-	-	20 ³
Bananes	-	-	10 ³
Autres fruits	-	-	10 ³
Total	200	662	929

¹ EACCE (2000) ; ² Notre enquête ; ³ Kenny (non publié).

Tableau 4. Distribution des agriculteurs qui pratiquent l'agriculture biologique au Maroc.

Région	Maraîchage	Agrumes	Olivier	Banancier	Noyer	Vigne	Plantes aromatiques & médicinales
Azrou							****
Haouz ¹	**	****	**		*		***
Souss-Massa ²	****	***	*				**
Skhirat ³	*						*
Azemmour ³	*		*	*			
Saïs ³			*			*	
Béni Mellal ³		***	*				

¹ ORMVA du Haouz ; ² Notre enquête (2001) ; ³ EACCE (Données non publiées).

protectionnisme européen, tels que la Turquie et Israël.

Néanmoins, ceci ne dégage pas la responsabilité partagée des producteurs eux-mêmes. Ces derniers sont très peu organisés. Chacun d'eux agit pour son propre compte croyant qu'il fait de bonnes affaires avec les organismes étrangers qui s'occupent de l'écoulement de son produit. Les producteurs gardent secret les prix et les clauses du contrat, ce qui n'est pas forcément à leur faveur. Au cours des enquêtes que nous avons mené auprès des producteurs, nous avons été surpris par le fait que certains d'entre eux gardent secret même des pratiques culturales, qui peuvent être à la limite considérées comme banales et sans trop d'importance.

Selon l'EACCE (2000), on peut retenir parmi les principaux pays importateurs des produits biologiques marocains, la France, la Hongrie, l'Espagne, la Slovaquie, la Suisse, et la Suède.

Les principales contraintes au développement de l'Agriculture biologique certifiée au Maroc

En plus d'un manque de vision et de l'absence de toute stratégie planifiée par les autorités compétentes du Maroc, d'autres contraintes empêchent l'essor de ce nouveau-ancien mode de production alternatif, durable et prometteur. En fait, ce mode de production, connu par beaucoup d'agriculteurs des PVD, a été toujours pratiqué au Maroc. Les agriculteurs exploitant les terres dans les zones marginales et montagneuses pratiquent ce que l'on peut qualifier d'agriculture biologique non certifiée (A.B.N.C).

Face à ce paradoxe, nous allons discuter les principales contraintes freinant le développement de l'agriculture biologique certifiée au Maroc.

i. Les difficultés que connaissent les agriculteurs pendant la phase critique de conversion

Ces difficultés consistent principalement au manque d'un savoir spécifique, qui demande une meilleure maîtrise, par les agriculteurs, des techniques de production alternatives nécessaires à la pratique de l'agriculture

biologique. Le cahier de charges stipule une série d'actes techniques que les agriculteurs marocains doivent exécuter scrupuleusement pour éviter que leur production ne soit refusée par les organismes certificateurs. L'agriculteur marocain trouve des difficultés à adopter de nouvelles approches agricoles auxquelles il n'a pas été correctement préparé.

Durant cette période de conversion, les rendements sont généralement plus faibles par rapport aux années précédentes, et l'agriculteur est parfois contraint d'investir dans de nouveaux équipements ou se préparer à supporter les dépenses relatives à la main d'œuvre, plus élevées qu'en agriculture conventionnelle. Les charges monétaires liées à l'acquisition de nouveaux équipements, l'augmentation des coûts de la main d'œuvre, et la réduction des rendements durant la période de conversion ne sont pas compensés par les prix de vente puisque les produits sont vendus sur le marché comme des produits conventionnels et non pas certifiés biologiques.

ii. L'absence d'un système national de certification

L'article 11 de la décision de la communauté européenne (CEE) de juin 1991, impose aux pays tiers, dont le Maroc, désireux d'exporter des produits agricoles biologiques, d'avoir un système de certification au moins équivalent à celui appliqué aux pays de la communauté européenne. Or, en absence d'une réglementation marocaine reconnue par les pays tiers, les produits agricoles biologiques doivent être certifiés biologique par des organismes étrangers. Les producteurs nationaux doivent donc satisfaire les règles spécifiées dans le cahier de charges défini par la décision de la CEE de juin 1991 (CEE n° 2092/91). Selon cette décision, faite de 16 articles et 6 annexes, plusieurs conditions doivent être satisfaites avant et pendant la période de production, et au cours de la phase de stockage ou de transformation, avant qu'un produit importé ne puisse être autorisé à la vente dans les pays de la communauté.

Enfin, doit-on rappeler que le Maroc n'a donc pas le choix et doit ainsi établir

une réglementation marocaine solide et exhaustive pour acquérir une reconnaissance internationale.

Actuellement, la circulaire ministérielle constitue l'unique texte réglementaire régissant les normes de production en agriculture biologique au Maroc. Cette circulaire a été adoptée par le Ministère de l'Agriculture et de la Mise en Valeur Agricole en date du 23 août 1992 et vise notamment l'instauration d'un système de contrôle au niveau des exploitations agricoles produisant selon le mode biologique. Cependant, ces dispositions transitoires ne sont pas reconnues par les pays importateurs comme équivalentes à leurs réglementations. Pour pallier cette lacune, la Direction de Protection Végétale, du Contrôle Technique et de la Répression des Fraudes (D.P.V.C.T.R.F), et l'Organisme Autonome de Contrôle et de Coordination des Exportations (E.A.C.C.E) étaient chargés d'élaborer un projet pour la mise en place d'une réglementation marocaine.

Un projet national de certification a été remis à la Communauté européenne en 1993, mais il a été rejeté. Même si le Maroc ne fait plus partie de la dite "Liste positive", la décision prise par la Communauté européenne en 1991 a été révisée deux fois pour permettre les importations des produits biologiques d'autres pays tiers jusqu'à 2005. Cependant, pour bénéficier de cette décision, ces pays doivent justifier que les produits biologiques destinés à l'exportation ont été produits sous la supervision d'organismes européens de contrôle.

Les textes définissant les modalités de contrôle et de certification sont toujours en phase de projet. Selon la note ministérielle, ce projet stipule notamment que la D.P.V.C.T.R.F s'occupera du contrôle pendant la phase de production, alors que l'E.A.C.C.E se chargera du contrôle pendant les périodes de conditionnement, de transformation et d'exportation.

En absence d'une certification nationale opérationnelle et reconnue à l'échelle internationale, les producteurs marocains doivent s'acquitter de paiement au profit des représentants des organismes européens de certification.

Les sommes payées dépendent de l'organisme en question et de la taille des parcelles sur lesquelles la production a lieu.

iii. Les contraintes techniques et d'approvisionnement en intrants spécifiques à l'agriculture biologique

Les enquêtes que nous avons conduites récemment dans les régions du Haouz et Souss-Massa (Denguir, 2001 et El Hardouze, 2001), ont mis en évidence l'insuffisance de l'encadrement technique des agriculteurs qui se sont convertis à l'agriculture biologique, et l'absence de références techniques en terme de conduite technique des cultures dans les deux régions. Ceci est principalement lié à la nouveauté de cette pratique sous sa nouvelle forme, et l'absence de programmes de recherches nationaux pour pallier ce manque de références techniques.

Les principaux problèmes d'ordre techniques auxquels font face les agriculteurs pratiquant l'agriculture biologique sont :

a. Choix des cultures et des dates de semis

Les agriculteurs ont souvent du mal à faire le choix des cultures, variétés et dates de semis. La difficulté du choix de la date de semis provient surtout du fait que l'agriculteur n'a aucune maîtrise sur les opportunités d'écoulement de son produit et la durée de la période de commercialisation.

b. Conduite de la fertilisation

Rappelons qu'en agriculture biologique, l'utilisation des fertilisants de synthèse est partiellement ou entièrement bannie, et remplacée par des fertilisants naturels. La majorité des agriculteurs enquêtés dans les régions du Haouz et Souss-Massa, au cours de la campagne agricole 2000-2001 (données non publiées) utilisent le fumier, alors que nombreux sont ceux parmi eux qui ne disposent pas d'élevage ou de peu de têtes au niveau de leurs exploitations permettant de satisfaire leurs besoins en fumier.

Pour combler ce manque, et satisfaire les besoins des cultures en éléments fertilisants, les agriculteurs ont recours aux engrais naturels permis par le cahier

de charges. Parmi les engrais utilisés dans les deux régions, citons Actif+, un engrais organique, Patentkali, un fertilisant composé de 28% de potassium et 8% de magnésium, et le 4-8-10, fait de 4% d'azote naturel, 8% de P2O5 d'origine animale, 10% de K2O, 3% de MgO, et 20% de matière organique.

De même, la plupart des producteurs que nous avons enquêté ont souligné la cherté de ces produits, souvent importés, et les difficultés qu'ils trouvent à les acquérir sur le marché national. La cherté de ces produits est partiellement due au fait qu'ils ne sont pas exonérés des droits de douane.

c. Gestion des mauvaises herbes

Les herbicides de synthèse sont totalement interdits en agriculture biologique, le désherbage consiste donc principalement à :

- Recourir aux mesures de contrôle préventives, comme les rotations culturales, le nettoyage des bordures de champs conduits en agriculture biologique pour éviter l'introduction de nouvelles espèces adventices, le semis de cultures étouffantes comme engrais vert et pour réduire le taux d'infestation par les mauvaises herbes,

- Exploiter les effets d'autres techniques culturales, dont l'objectif n'est pas le contrôle direct des mauvaises herbes, pour réduire le taux d'infestation par celles-ci. Parmi ces techniques, notons à titre d'exemple le décalage des dates de semis, le repiquage au lieu du "semis direct" en cultures horticoles, des densités de semis plus élevées, des variétés plus compétitives, le faux-semis (e.g. "Demkel"), la solarisation, le "Mulching", le compostage des résidus de cultures pour tuer les graines des mauvaises herbes, la filtration de l'eau d'irrigation pour prévenir de nouvelles infestations,...etc.

- Adopter le désherbage manuel, mécanique et thermique pour contrôler une flore adventice particulièrement abondante au Maroc à l'instar d'autres pays méditerranéens. Selon les résultats de nos enquêtes (données non publiées), la majorité des agriculteurs pratiquant l'agriculture biologique ne disposent pas de matériel adéquat pour lutter

mécaniquement contre les mauvaises herbes. Ces derniers n'utilisent que très peu les méthodes préventives mentionnées précédemment (aucun des agriculteurs enquêtés dans la n'utilise la solarisation pour la lutte contre les mauvaises herbes). Vu le fait que la plupart des agriculteurs basent leur stratégie de lutte principalement sur la lutte manuelle, et vu que ce mode de désherbage demande une main d'œuvre abondante et difficile à gérer dans la pratique, le coût de cette opération est par conséquent élevé, et le désherbage est ainsi l'un des postes les plus coûteux en agriculture biologique.

d. Gestion des maladies et insectes

En agriculture biologique, le nombre de produits autorisés pour lutter contre les maladies cryptogamiques et virales, et contre les insectes est très limité. Ce qui explique les chutes de rendements liées aux attaques cumulées des ennemis de cultures et la détérioration de la qualité des produits chez les agriculteurs qui ne se sont pas encore adaptés aux nouvelles approches de gestion des ennemis de cultures en agriculture biologique, et à la faible efficacité des produits autorisés dans ce mode d'agriculture par rapport au mode conventionnel. Dans le futur, cette situation pourrait s'améliorer au fur et à mesure de l'expérience acquise par les agriculteurs gagneront en matière de gestion intégrée contre les ennemis des cultures. Cette dernière est basée sur la mise en œuvre de programmes de lutte intégrée combinant les effets cumulés des mesures préventives, culturales, et biologiques. Cependant, ceci n'annule pas la nécessité de mener des travaux de recherche fondamentale et appliquée dans le domaine de protection des plantes dans le but d'élaborer des stratégies de lutte intégrées, adaptées aux conditions locales, respectueuses de l'environnement et répondants aux dispositions du cahier des charges des organismes certificateurs.

e. Semences et plants

Les semences et plants utilisés en agriculture biologique ne sont pas toujours certifiés. Dans ce cas, le producteur doit justifier l'absence de semences certifiées sur le marché marocain. Cependant, cet usage, encore

permis par la réglementation européenne, ne le sera plus après 2003. Le Maroc doit produire ses propres semences certifiées biologiques ou continuer à les importer au prix fixé par les sociétés ou individus qui détiennent le monopole de ce secteur.

iv. Difficultés pour exporter les produits marocains certifiés biologiques

Nous avons déjà montré la lente évolution des exportations de produits biologiques marocains. De même, et à l'état actuel des choses, il n'existe dans un futur immédiat aucun signe encourageant, si les producteurs ne s'organisent pas plus pour défendre leurs intérêts communs, et si le gouvernement marocain ne prend pas des mesures visant davantage à aider les agriculteurs pionniers dans ce domaine. Les efforts du gouvernement doivent consister, entre autres, à élaborer des stratégies de marketing et identifier de nouveaux marchés, et nouvelles chaînes de distribution du produit national pour parvenir à une clientèle nouvelle et nombreuse, aussi bien au niveau national qu'au niveau international. Les faibles opportunités encore existantes pour le produit national peuvent disparaître avec le développement de l'agriculture biologique dans les pays de la communauté européenne et surtout dans la région méditerranéenne.

Perspectives d'avenir

L'analyse des décisions prises par le département concerné par la politique agricole au Maroc, montre l'absence des mesures concrètes visant la promotion des pratiques agricoles alternatives aux pratiques actuelles, et qui sont héritées de la période coloniale.

Le Maroc, comme c'est le cas d'autres pays en développement doit opérer des changements profonds dans sa politique agricole. Cette politique doit viser un équilibre entre le développement des cultures vivrières stratégiques pour satisfaire des besoins alimentaires d'une population en croissance, et l'encouragement de la production des cultures de rente pour l'exportation. Or, il devient plus urgent que jamais de prendre ces mesures, pour préparer le pays à faire face à une concurrence de plus en plus accrue, non seulement des pays

riverains, mais d'autres plus lointains, dans la perspective de la globalisation des échanges commerciaux.

Pour atteindre cet objectif, nous recommandons ce qui suit :

- Mise en place d'un système national de certification

Le Maroc, et les autres pays en développement, n'ont d'autre choix que de mettre en place leurs propres organismes de certification. Ces pays n'auront pas droit à l'erreur, car ils sont face à une clientèle avisée et très sélective, auprès de laquelle il faudrait instaurer une confiance du produit national.

Toute lacune dans le processus de certification peut avoir des conséquences fâcheuses et difficiles à réparer auprès des consommateurs, aussi bien nationaux qu'internationaux. De la même manière, toute faiblesse dans ce domaine peut être également exploitée par les protectionnistes de la rive nord de la Méditerranée, ainsi que par les concurrents actuels et potentiels des produits marocains en Europe et ailleurs. Par conséquent, l'organisme de certification et de contrôle doit être indépendant et composé de spécialistes dans les divers domaines agricoles et para-agricoles (agronomie, chimie, biochimie, génétique,...), et ne doit tolérer aucune fraude ou tentative de fraude.

- Identification de créneaux spécifiques au pays

Le Maroc doit mettre en place une stratégie basée sur les avantages comparatifs, et assurer la promotion de produits biologiques difficiles à produire ailleurs ou nécessitant beaucoup de main d'œuvre, sachant que le Maroc aura beaucoup de difficultés à concurrencer les pays industrialisés pour les activités agricoles hautement mécanisées.

Le gouvernement ainsi que les producteurs doivent faire des études du marché international des produits biologiques, afin d'identifier de nouveaux marchés, et connaître les périodes de forte demande pour chaque produit destiné à l'exportation. Un effort doit être fait pour présenter les

produits marocains au public lors des foires agricoles, nationales et internationales.

- Développement du marché local pour les produits certifiés biologiques

Enfin, il est utopique de développer l'agriculture biologique au Maroc dans le seul objectif d'exportation. Le marché national doit être développé en parallèle. Il sera la garantie de la continuité, et protégera les producteurs des changements brutaux de la demande extérieure pouvant compromettre leurs systèmes de production et mettre en péril la durabilité de leurs exploitations. Le "bio" n'a jamais été nouveau pour les Marocains, car ces derniers ont toujours été fascinés par tout ce qui est "Beldi", autrement dit tout ce qui a été produit naturellement sans apport de produits synthétiques.

- Promotion de la recherche et diffusion du savoir-faire

En terme de transfert de technologie, et vu l'absence d'un programme national de recherche sur l'agriculture biologique, un effort doit être fait pour l'adaptation des résultats des recherches faites ailleurs dans des régions qui présentent des similarités avec les conditions marocaines. Les axes suivants sont à développer :

- Tisser des liens de coopération entre les organismes de recherche-développement dans les pays en voie de développement et les chercheurs, organismes et ONG qui travaillent dans le domaine de l'agriculture biologique dans les pays avancés afin de profiter de leur expérience et écourter le chemin en matière de transfert de technologie dans le domaine ;

- Collecter, analyser et adapter les informations élaborées dans des pays à climat similaire, afin d'élaborer des messages techniques pouvant être diffusés aux producteurs ;

- Recourir aux essais de démonstration, de préférence dans les fermes d'agriculteurs, visant à combiner la formation des producteurs et des industriels, avec l'éducation des consommateurs et la recherche de systèmes de production appropriés ;

- Mettre en place un partenariat entre les

producteurs, les ONG, les services de développement et les organismes de formation et de recherche pour une meilleure coopération.

Nous devons mentionner à cet égard que les aspects de vulgarisation ne se limitent pas aux producteurs, mais visent également la sensibilisation des consommateurs et des pouvoirs publics à l'importance du développement des pratiques agricoles alternatives, dont fait partie le mode biologique. Les rôles que jouent actuellement l'Association des Professionnels de la filière Biologique (APB), fondée en 1999 et l'Association pour l'Agriculture et l'Alimentation Saine (Maghrebio) sont à saluer et à encourager.

Un programme de vulgarisation spécifique doit donc être élaboré pour chaque région potentiellement intéressante pour le développement de l'agriculture biologique. Les régions qui doivent être ciblées sont les régions de montagne, notamment le Moyen, Haut et Anti-atlas, le Rif et Pré-rif, les oasis du sud, le Haouz, le Souss-Massa, et les plaines des Doukkala et Saïs.

Une attention particulière doit être donnée au développement de ce type d'agriculture dans les terres des zones marginales des étages arides et semi-arides, qui se prêtent à la production des céréales en extensif, des plantes médicinales et aromatiques, à l'élevage extensif, aux cultures négligées et alternatives. D'ailleurs, tout investissement de l'état ne ferait que remédier aux insuffisances des plans de développement des divers gouvernements qui se sont succédés au Maroc depuis l'indépendance, et qui ont très peu investis dans ces régions.

Plusieurs cultures sont déjà pratiquées avec très peu de produits chimiques de synthèse (engrais et, herbicides, insecticides, fongicides,...). La durée de reconversion serait très courte, voire nulle.

Comme nous l'avons déjà signalé précédemment, les pays industriels à agriculture développée ont tous des programmes de recherche dans le domaine de l'agriculture biologique, auxquels ils allouent des fonds importants. Les recherches concernent aussi bien les aspects fondamentaux

qu'appliqués. Cela nous amène à évoquer le retard accumulé par la recherche agronomique au Maroc en matière d'agriculture alternative, dont l'agriculture biologique. Ce retard est surtout dû à l'absence d'une politique clairement définie en matière de recherche scientifique et au manque de moyens nécessaires permettant aux chercheurs de lancer des programmes de recherche dans les domaines qu'ils jugent importants et stratégiques pour l'avenir du pays.

Dans l'absence d'une politique nationale avec des objectifs clairs et précis, les recherches dans le domaine de l'agriculture biologique sont à leurs débuts. Ces recherches correspondent à des initiatives individuelles prises par un nombre très limité de chercheurs.

Les domaines où le besoin en recherche est urgent sont les suivants :

- Analyser le savoir-faire local en matière de conduite traditionnelle des cultures et d'élevage et en tirer des leçons ;

- Etudier les possibilités de renforcement d'une vraie intégration des systèmes de production végétale et animale au sein des exploitations ;

- Elaborer des stratégies intégrées de gestion des ennemis des cultures (insectes, maladies cryptogamiques, virus...) basées sur des méthodes de lutte spécifiques à chaque contexte édapho-climatique, et combinant les méthodes biologiques, bio-pesticides, techniques culturales, etc.;

- Développer des stratégies de lutte intégrées contre les mauvaises herbes ;

- Identifier des ressources naturelles en éléments fertilisants pour le maintien de la fertilité des sols ;

- Identifier des cultures permettant un meilleur avantage comparatif au Maroc pour chaque région de production ;

- Faire une étude économique comparative des systèmes de production conventionnel et biologique ;

- Faire une étude prospective du marché potentiel pour les produits biologiques marocains au niveau national et international.

- Encouragement de l'investissement privé dans le domaine de l'agriculture biologique

Vu la rareté des fertilisants organiques et des bio-pesticides et vu leur prix élevé sur le marché marocain, il est urgent d'encourager leur développement local sous forme finie par le secteur privé ou d'importer de l'étranger les ingrédients primaires, exonérés de droits de douane, nécessaires à leur production à l'échelle industrielle. Des mesures de ce genre permettront de rendre ces produits plus disponibles sur le marché national et à des prix raisonnables.

- Octroi d'une subvention aux agriculteurs pendant et après la période de conversion

Le gouvernement doit aussi envisager la prise d'une série de mesures visant à aider financièrement les agriculteurs pendant la phase de conversion. Le fait que les agriculteurs des pays voisins du Maroc bénéficient d'aides gouvernementales assez substantielles, pendant la période de conversion et au-delà, ne donnent aucune chance aux nôtres pour aller de l'avant dans la maîtrise des techniques de production biologiques tout en restant compétitifs.

- Aider les producteurs à mieux s'organiser

En définitive, il n'y aura pas de progrès dans tous les secteurs de l'économie nationale sans une organisation des acteurs principaux. L'agriculture en général, et l'agriculture biologique en particulier ne font pas exception à cette règle. Les agriculteurs qui prennent le risque d'investir en agriculture biologique doivent être soutenus par des organisations professionnelles qui défendraient leurs intérêts communs à l'intérieur du pays, et qui leur permettrait de mieux négocier avec les opérateurs étrangers aussi bien pour l'importation des intrants spécifiques à l'agriculture biologique qu'à l'exportation de leurs produits.

Conclusion

Le secteur de l'agriculture biologique a connu un développement rapide et soutenu partout dans le monde. Au Maroc, ce secteur a connu un

REFERENCES

- Anonyme. 2001. Biofil - N° 13 - Novembre / décembre 2000 - p 24 et 25.
- Anonymous. 1999. Organic agriculture. National Standard of Canada. Publication of the Canadian General Standards Board (CGSB), CAN/CGSB-32.310-99. 21p.
- Anonyme. 1996. Recensement agricole, DPAE, MADREF.
- Bailleux P., et A. Scharpe. 1994. L'agriculture biologique. Europe verte, 2, DGX, Bruxelles, 40p.
- Brangeon, J.L., et J.J. Chitrit. 1999. Les éléments de durabilité de l'agriculture. Le courrier de l'environnement de l'INRA, N. 38, Nov. 1999.
- CCI. 1999. Denrées alimentaires et boissons biologiques: Offre mondiale et principaux marchés européens. Centre du Commerce International. Palais des nations, 1211, Genève 10, Suisse. XIII, 371p.
- Denguir S. 2001. Mise au point sur la Pratique de l'Agriculture Biologique au Maroc (Cas du maraîchage dans la région de Souss- Massa). Mémoire de 3ème cycle, Département d'Agronomie et d'Amélioration des Plantes, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. EACCE. Données non publiées.
- EACCE. 1992. Décision relative au contrôle technique, au conditionnement, à la transformation et à l'exportation des produits de l'Agriculture Biologique. Etablissement Autonome de Contrôle et de Coordination des Exportations.
- El Hardouze I. 2001. Etat de l'Agriculture Biologique à l'échelle nationale et internationale et étude de cas dans la région du Haouz. Mémoire de 3ème cycle, Département d'Agronomie et d'Amélioration des Plantes, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II.
- El Harmouchi A. 1997. Situation actuelle d'utilisation des herbicides. Actes de la Journée Nationale sur La Problématique du Désherbage des Grandes Cultures au Maroc. Meknès, 26 Février 1997, 60p.
- Kenny L. unpublished data. L'Agriculture biologique au Maroc : Situation actuelle et perspectives futures. Soumis pour publication au Bulletin National de Transfert de Technologie du MADREF.
- Lampkin, N. 1999. Impact des politiques sur le développement de l'agriculture biologique en Europe. Colloque sur l'Agriculture biologique face à son développement, 6-8 décembre 1999, Lyon, France.
- Rzoi, S.B., et S. Denguir. Données non publiées. L'Agriculture Biologique au Maroc : I. Etat actuel et Perspectives. Soumis pour publication au Bulletin National de Transfert de Technologie du MADREF.
- Willer H., and M. Yussefi. 2001. Organic agriculture worldwide. Statistics and future prospects. IFOAM Web Site: www.soel.de/inhalte/publikationen/s-74-03.pdf.

développement au cours des années quatre vingt dix, mais le rythme de ce développement ne reflète pas les possibilités offertes par les atouts dont dispose le pays.

Le nombre de producteurs qui se sont convertis à l'agriculture biologique reste faible, et le secteur n'est pas encore bien organisé.

Le pays ne dispose pas toujours de son propre système de contrôle et de certification et dépend encore des services des organismes de certification agréés par les pays membres de l'Union Européenne.

L'état n'offre aucun soutien aux agriculteurs pour les encourager et leur permettre d'être compétitifs, de même qu'il n'a aucune stratégie claire pour développer ce secteur prometteur.

Le Maroc, à l'image d'autres pays méditerranéens, doit mettre en place une filière de formation de spécialistes en agriculture biologique dans les spécialités agronomie, horticulture, arboriculture, protection des cultures,

sciences du sol, production animale, santé animale, industrie agroalimentaire,...etc.

Le pays doit également allouer des ressources suffisantes à la recherche scientifique dans les diverses disciplines citées ci-dessus afin de permettre aux chercheurs d'élaborer des références techniques à mettre à la disposition des producteurs.

Remerciements. Nous tenons à exprimer notre gratitude et nos remerciements à Mr. Mohammed Khajji, Président de l'APB, Dr. Jalil Belkamel, Président de MAGHREBIO, Mrs. Moundi Mustapha et Hassan Balloudi, de l'ORMVA du Haouz, Mr. Lahcen Abaha et Lahcen Rami, de la DPA d'Agadir, Mr. Mohamed Ziati, Mr. M. Taraf et Mme Ghizlane Amazzane, de l'EACCE, Mrs. Abdallah Maghdad, Abdelwahed Marrakchi et Allal Chibane de la DPV-MADREF, Mrs Mohamed Tbatou et Abdelwahed Bouamoude de la SODEA, qui ont bien voulu nous aider dans la collecte des informations.

COMPOSTAGE DES DECHETS MÉNAGERS ET VALORISATION DU COMPOST - CAS DES PETITES ET MOYENNES COMMUNES AU MAROC

B. SOUDI¹

A - COMPOSTAGE DE DECHETS MENAGERS

I. INTRODUCTION

Le présent chapitre a pour objectif essentiel de décrire, en termes simples accessibles aux cadres des communes, aux techniciens engagés dans les UTC et aux stagiaires, les avantages de compostage en tant que composante d'un système intégré de gestion des déchets et les principes de compostage. Les différentes opérations et interventions à effectuer avant, au cours et après le compostage seront succinctement décrites, commentées et soutenues par des conseils pratiques.

Les trois étapes clés qui feront l'objet de ce chapitre sont : le démarrage du processus, le monitoring du compostage et l'évaluation de la qualité requise pour le compost produit. Aussi, ce chapitre s'achèvera par des éléments de dimensionnement ainsi qu'une évaluation du temps requis pour les principales opérations du compostage.

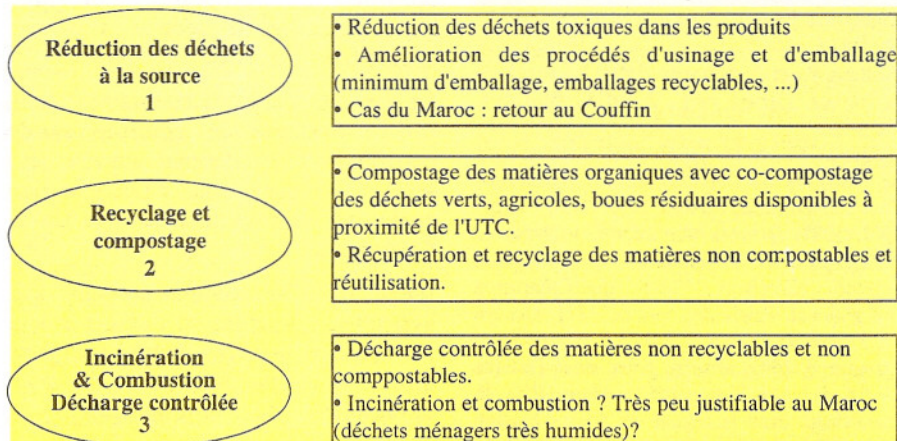
II. COMPOSTAGE

Le compostage est une alternative à part entière d'un système de gestion intégrée des déchets ménagers et assimilés (GID).

Le compostage est actuellement considéré comme une des composantes écologiquement durables dans un système de gestion intégrée des déchets ménagers.

La figure 3.1. donne la hiérarchisation des trois principales composantes de gestion intégrée des déchets :

- la réduction des déchets à la source ;
- le compostage des déchets fermentescibles ;
- le recyclage de la fraction des déchets



non compostables avec mise en décharge contrôlée du refus ou son incinération.

La filière de compostage se justifie pleinement dans les pays en développement. En effet, la fraction relative aux matières fermentescibles dans ces pays représente le double au quadruple de celle rencontrée dans les pays industrialisés (Tableau 3.1.).

Une tonne de déchets ménagers comprend environ 700 kg de déchets compostables et 830 à 850 kg si on considère les papiers. Les matières recyclables représentent près de 200 à 300 kg par tonne. Dans les pays de l'Europe occidentale et aux Etats-Unis, la fraction des matières compostables ne dépasse guère les 350 kg/tonne de

déchets. Les déchets ménagers au Maroc et dans d'autres pays en développement sont très humides (60 à 70%) ; leur pouvoir calorifique est de 900 à 1000 kcal/kg) contrairement aux pays industrialisés où les déchets ménagers se caractérisent par un taux de 40% de matières combustibles et par un taux d'humidité nettement plus faible (< 50%).

Les compositions indiquées dans ce tableau ne sont qu'indicatives. Les variantes en fonction des saisons et des niveaux socio-économiques des populations sont considérables au sein d'un même pays et à travers les différents pays.

Cette grande variabilité de la composition des déchets ménagers

Tableau 3.1. Composition des déchets ménagers bruts dans quelques pays (d'après Murat, 1981 ; Hall et al., 1993 ; OMS ; El M'ssari, 1993 ; Jemali et al. 1996a)

Paramètre (en %)	Maroc Rabat	Pologne Varsovie	Egypte	USA	France	Japon	RFA
Matières fermentescibles	69,8	30	68	5-18	15-35	30	15
Papier et carton	14	22	17	32-44	32-35	40	27,5
Verre	0,4	12	2	6,7	12	7	9
Plastique	2,6	5	1	8,3	10	8	3
Métaux	1,4	5	2	8,3	6	8	6,5
Textiles	4	4	2	4,6	2	4-	3,5
Divers (éléments fins, cendres, bois, etc.)	8	22	8	13,6	11,5	3	39

¹- Professeur à l'IAV Hassan II - Département des Sciences du Sol / partie II du livre "compostage des déchets ménagers et valorisation du compost - UNIDO - ENDA MAGHREB". La première partie a été éditée dans le numéro précédant de cette revue

Tableau 3.2. Variabilité de quelques paramètres caractéristiques des déchets ménagers (d'après plusieurs sources)

Paramètres	Valeurs extrêmes
Production par habitant.....	0,2 – 3,0 kg/hab.j
Densité	100 – 500 kg/hab.j
Matières fermentescibles	5 – 90%
Papier et cartons	0,25 – 55%
Plastiques	0,1 – 40%

illustre parfaitement la non existence d'une solution unique d'élimination et/ou de valorisation. Le tableau 3.2. relate la grande variabilité des valeurs de quelques caractéristiques clés des déchets ménagers bruts.

En matière de gestion des déchets dans les pays en développement par rapport aux pays industrialisés, on doit tenir compte de trois critères :

- la quantité ;
 - la qualité ;
 - le niveau technologique de traitement.
- En plus, il y a lieu de considérer certaines spécificités :
- le climat ;
 - l'économie ;
 - les caractéristiques des centres urbains et des communes ;
 - les habitudes ;
 - les exigences environnementales.

Ainsi, sur la base des considérations précédentes et notamment celles relatives à la qualité des déchets ménagers, on peut considérer que le compostage demeure une option écologiquement durable et économiquement attrayante. Il s'agit là dans la mesure de réduction des déchets étant donné où le compost est valorisé et lorsqu'on considère le taux de réduction du volume de déchets d'environ 50% au cours du processus de biodégradation.

Toutefois, l'adoption de la filière de compostage doit surmonter certains défis et anéantir certaines contraintes :

- Problème potentiel d'odeurs de déchets avant et au cours du compostage.
- Développement d'un marché de vente et élargissement de la liste des usagers potentiels.
- Manque de techniciens expérimentés

dans le domaine auprès des communes.
- Absence de normes et de standards de qualité du compost.

III. FILIERES TECHNOLOGIQUE DE COMPOSTAGE

Les procédés de compostage sont très variés et ont connu un progrès considérable ces dernières années. En effet, les niveaux technologiques vont depuis le compostage classique en tas à différents degrés de mécanisation jusqu'au compostage robotisé qui permet un contrôle et un monitoring automatisé en temps réel. Classiquement on distingue deux principaux systèmes de compostage (encadré 3.1).

Encadré 3.1. Systèmes de compostage Compostage en tas

Il s'agit d'un système simple (à revoir dans les paragraphes suivantes et dans le chapitre 5) qui consiste à mélanger des matières à composter et à les disposer en tas qu'on retourne de manière périodique pour assurer une aération et donc une fermentation aérobique et pour que toutes les parties du tas soient exposés aux hautes températures. Un ajustement de l'humidité est effectué au besoin par arrosage des tas.

Compostage en tas statique

Ce système est similaire à celui du compostage en tas avec la différence que les tas ne sont pas retournés et que l'air est acheminé par des tuyaux perforés traversant les tas. Ce système d'aération peut être passif (aération naturelle) ou actif où l'air est insufflé par succion. Les tas sont couverts par une couche de compost fini d'environ 5 cm d'épaisseur.

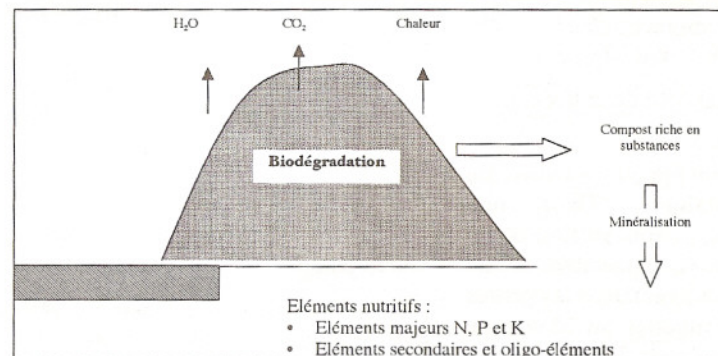


Figure 3.2. Schéma du principe de compostage

IV. PRINCIPES DE COMPOSTAGE

Le compostage consiste en une biodégradation aérobique (en présence d'oxygène) des déchets et résidus organiques. La décomposition est assurée par une diversité de micro-organismes. Le compostage aboutit à la formation d'un produit organique stable et riche en substances humiques appelé compost.

Il s'agit d'un processus à la fois consommateur et producteur de chaleur. La biodégradation génère une déperdition d'eau, une production de CO₂ (Figure 3.2). ceci se solde par une réduction de volume qui peut atteindre 50% du volume initial de déchets mis en compostage. Le compost produit, assez riche en substances humiques, constitue un excellent produit d'amendement des sols. Il permet à la fois d'améliorer les propriétés du sol et de fournir par voie de minéralisation des éléments nutritifs assimilables par la plante cultivée (Figure 3.2).

4.2. Facteurs et paramètres de compostages

On distingue trois catégories :

- Les paramètres de démarrage du compostage : C/N des matières à composter, humidité, taille des particules, fermentescibilité, etc.

- Les paramètres de monitoring ou de suivi du processus de compostage : humidité, température et oxygène lacunaire (aération).

- Les paramètres de qualité du compost produit.

La signification et les mesures de contrôle de ces différents paramètres seront exposées dans les paragraphes suivants.

4.2.1. Tri des ordures ménagères.

Le tri des ordures ménagères peut être effectué à la source ou après collecte et livraison à l'UTC. Le tri à la source constitue une pratique à promouvoir. En effet, la livraison des déchets composites à l'UTC génère un surcoût et risque de porter préjudice à la qualité du compost fini lorsque l'opération de tri n'est pas bien achevée.

Ainsi, l'opération du tri à la source (au niveau des ménages) offre plusieurs avantages dans la mesure où elle permet de :

- Réduire le nombre de jours de travail investi dans l'opération de tri au niveau de l'UTC.

- Réduire le taux de contaminants organiques et particulièrement électriques ou circuits électroniques, des batteries et accumulateurs, des peintures et vernis, des produits de nettoyage et de lessives, ...)

- Permettre d'instaurer une éducation des ménages pour les sensibiliser à la réduction de la quantité des déchets.

Toutefois, quelques inconvénients sont à souligner et méritent d'être gérés :

- Augmentation du coût de collecte pour la commune.

- Les ménages sont appelés à acheter de nouveaux containers. Dans une première étape, deux sont suffisants (un pour les matières compostables et un pour les autres matières) dans les petites et moyennes communes au Maroc ou dans des pays similaires. Le coût d'achat peut être pris en charge par la commune

ou encore de manière partagée en fonction du contexte socio-économique local.

- Le tri à la source exige au départ un grand effort de sensibilisation.

Dans le cas où le tri à la source n'est pas instauré, cette opération devient obligatoire comme traitement préalable des déchets avant d'amorcer le compostage proprement dit. Elle permet de séparer les matières compostables du reste. Celui-ci est constitué de matières récupérables et recyclables (cartons, plastiques, verre, etc.) et de matières non recyclables qui seront acheminées vers une décharge contrôlée. Une précaution particulière doit être prise lorsqu'il s'agit de certains déchets compostables provenant des quartiers industriels et qui peuvent contenir des quantités appréciables de métaux lourds.

Le recyclage des matières récupérées exige la mise en place d'une unité parallèle de traitements simples : lavage du verre, mise en balle des papiers, nettoyage de métaux et des plastiques, etc. Une étude du marché serait nécessaire avant l'implantation de cette unité parallèle.

Dans les unités de compostage à petite échelle, le tri peut se faire manuellement. Si les volumes de déchets deviennent importants on procède à un tirage mécanique basé sur des techniques variées :

- Tri par criblage qui sépare les matériaux criblés et non criblés.

- Tri pneumatique par jet qui sépare les matériaux légers des matériaux lourds.

- Tri magnétique ferromagnétique à faible densité qui sépare les métaux ferreux et non ferreux.

- Tri électrostatique qui sépare les produits organiques des non organiques.

- Tri par tension qui sépare les papiers des plastiques.

- Tri optico – électronique qui sépare les verres colorés des verres blancs.

- Tri par flottaison qui sépare les verres des céramiques – sables et pierres.

4.2.2. Taille des particules organiques

La taille des matières à composter est un facteur important qui détermine la vitesse de biodégradabilité. En effet, lorsque les particules sont petites, la surface spécifique (exprimé en m²/g) devient importante ce qui augmente la surface d'attaque par micro-organismes. Toutefois, si les particules sont trop petites l'espace poral est réduit ce qui entrave la circulation de l'air dans le tas en compostage. Ce problème est d'autant plus important que l'humidité est élevée comme c'est le cas des déchets dans les pays en développement.

En plus de ces deux facteurs, il est parfois obligatoire d'ajuster les paramètres C/N et humidité s'ils s'avèrent non propices au démarrage du processus de compostage. Cet aspect sera traité plus loin (Cf. Paragraphe 4.6).

4.2.3. Rapport C/N

Dans le compost, les micro-organismes ont besoin d'éléments nutritifs (azote, phosphore, potassium et oligo-éléments) comme les plantes supérieures mais avec une différence majeure due au fait les micro-organismes du compost exigent du carbone organique comme source d'énergie au lieu du gaz carbonique et la lumière pour les végétaux.

Le rapport C/N idéal des déchets qui garantit un bon démarrage du compostage et son déroulement optimal doit être situé entre 25 et 35 (Gootas, 1959 ; US-EPA, 1985 ; Mustin, 1987). S'il est trop élevé, le temps requis pour la biodégradation devient plus long et s'il est faible, l'azote est, en grande partie, perdu sous forme d'ammoniaque par voie de volatilisation.

Le carbone et l'azote sont analysés au laboratoire. Toutefois, un opérateur expérimenté peut émettre une appréciation visuelle globale des richesses relatives des matières premières en carbone et en azote en se basant sur la reconnaissance de leur nature et leur couleur.

A titre d'exemple, on peut citer :

- Les matières organiques riches en carbone : papier, sciure de bois, paille et toute matière cellulosique ou ligneuse.

- Les matières organiques riches en azote : déjections anormales, épiluchures,

Tableau 3.3. teneurs approximatives en azote et rapport C/N de quelques matières organiques compostables (Gootas, 1959 ; US-EPA, 1985 ; Mustin, 1987)

Matière	C/N
Ordures ménagères brutes	15-25
Sang	3
Déchets de poissons	-
Boues activées	6
Gazon coupé	12
Chiendent	19
Herbe coupée (moyenne de toutes catégories)	19
Fumiers bovin et ovin de ferme (moyenne)	12-14
Fientes de volailles	8-10
Carcasses de poulets	5
Résidus d'abattoirs mélangés	3
Fumier de cheval	30
Fanes de pomme de terre	26
Paille des céréales	90-120
Sciure fraîche de bois	511
Sciure pourrie de bois	208
Ecorces de bois	220-490
Engrais verts	10
Algues marines	17
Marc de café	20
Papiers et cartons mélangés	120-170
Déchets de légumes	11-12

restes de nourriture, tontes de gazon, algues marines, poudre de sang, déchets d'abattoir, détritres de poissons, certaines boues résiduaires, etc.

- En général, les matières brunes et sèches sont riches en carbone et les matières vertes et humides sont riches en azote.

Lorsque les déchets managers ont un rapport C/N faible, on peut ajouter des matières riches en carbone du type copeaux de bois, sciure ou autres matières à base de cellulose ou de lignine. Ces additifs peuvent aussi jouer le rôle d'agents structuraux permettant d'aérer le tas de compost et de régulariser son humidité.

Le tableau 3.3 donne des ordres de grandeur de rapports C/N de quelques matières organiques. D'autres additifs ou matières premières peuvent être utilisés pour enrichir le compost en éléments nutritifs majeurs et en oligo-éléments.

4.2.4. Teneur en eau ou humidité

Dans un tas de déchets en compostage on distingue trois phases (Figure 3.3)

- Phase solide représentée par l'équivalent de la matière sèche ;

- Phase liquide ou eau du compost ;
- Phase gazeuse ou air du compost.

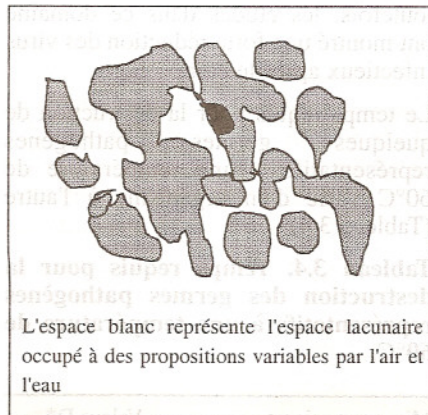


Figure 3.3. Particules du compost

Les phases liquide et gazeuse occupent ce qu'on appelle l'espace lacunaire ou poral du tas en compostage. Les volumes occupés par ces deux phases sont variables. En effet, lorsque les déchets sont trop humides, l'espace occupé par l'air est faible ce qui entrave la biodégradation aérobie et entraîne la production de mauvaises odeurs.

La teneur en eau est un facteur important pour l'activité des micro-organismes. Dans la pratique, il

convient d'éviter une forte humidité car l'excès d'eau chasse l'air de l'espace lacunaire du tas en compostage ce qui déclenche des conditions d'anaérobiose et une très mauvaise circulation d'air à l'intérieur du tas. Ce phénomène est assez fréquent lorsque les déchets contiennent des matériaux mouillés et peu résistants à la biodégradation comme le papier. Aussi, une teneur en eau faible, inférieure à 50 % du poids frais, ralentit de manière significative l'activité biologique.

Durant le compostage on assiste à la fois à la production d'eau par les réactions biochimiques de biodégradation des matières organiques et à une perte d'eau par évaporation.

En conditions chaudes, on peut assister, et particulièrement durant la dernière phase de compostage des déchets ménagers, à un dessèchement. On estime un besoin en eau d'environ 0,3 m³ par tonne qui doit être satisfait par un ou deux arrosages. Un ombrage des tas et la plantation des brise-vents sont des pratiques recommandées. Pour cela, le compostage doit être toujours conduit à proximité immédiate d'une source d'eau.

La teneur en eau optimale pour le processus de compostage est comprise entre 50 et 60 %. Les conditions d'anaérobiose généralisées ou localisées commencent à se produire au-delà de 65 - 70 %.

On peut apprécier l'humidité en pressant entre les mains (avec des gants) un échantillon ; si l'eau percole facilement, le tas de compost est trop humide. Par contre, si l'eau humidifie la main sans percoler, le tas est à niveau acceptable d'humidité.

Lorsqu'on dispose d'une balance et d'une étuve ou lorsqu'on livre l'échantillon au laboratoire, on peut utiliser la méthode classique de mesure gravimétrique de l'humidité. Cette méthode consiste à sécher pendant 24 heures et à 70°C un échantillon de compost frais de masse MF. Après étuvage, on pèse la masse sèche (MS). Le calcul peut se faire de deux manières selon l'objectif de la mesure :

- Si on veut utiliser cette mesure comme base de calcul des autres paramètres

chimiques ou physiques, on exprime la teneur en eau par rapport au poids sec. Dans ce cas la formule de calcul est la suivante :

Teneur en eau (% poids sec) =

$$100 \frac{(MF - MS)}{MF}$$

- Si on peut avoir une humidité actuelle au cours du compostage pour pouvoir juger les conditions de déroulement du processus (faut-il arroser ou faut-il retourner ?), on exprime l'humidité par rapport au poids frais en adoptant la formule suivante :

Teneur en eau (% poids frais) =

$$100 \frac{(MF - MS)}{MF}$$

4.2.5. Température

La température est un facteur important du compostage. Tous les micro-organismes ont une fourchette optimale d'activité :

- Températures inférieures à 20°C pour les psychrophiles.
- Températures comprises entre 20 et 40 °C pour les mésophiles.
- Températures comprises entre 40 et 70°C pour les thermophiles.

La fourchette des températures requise pour les micro-organismes thermophiles est préférée. Ceci a deux avantages majeurs : l'accélération du processus de décomposition et l'assainissement du compost par suppression des germes pathogènes.

En effet, au cours du compostage il y a assainissement des matières organiques et, par conséquent, la suppression de tous les pathogènes humains et les phytopathogènes qui se trouvent dans les matières organiques fraîches comme le fumier ou les déchets ménagers.

La littérature internationale rapporte plusieurs travaux conduits dans ce domaine notamment (Bolen, 1984 ; Durant, 1992 ; Miliner & Ringer, 1995 ; Sances & Ingham, 2000). Les constats et résultats rapportés par ces travaux sont unanimes sur le fait que le compostage et l'utilisation par ces travaux sont unanimes sur le fait que le compostage et l'utilisation du compost

comme produit d'amendement organique du sol permettent l'élimination de plusieurs organismes : les champignons, les bactéries, les nématodes et certains virus.

Par exemple, les champignons, assez connus par leurs dégâts en horticulture, sont très vulnérables au compostage. Même les organismes qui forment des sclérotés et qui sont réputés résistants et très persistants dans le sol sont détruits (ex: *Sclerotium cepivorum*, *Stromatina gladioli*, *Verticillium dahliae*).

Les bactéries sont aussi facilement détruites par le compostage. Les nématodes sont entièrement éliminés lorsqu'ils sont exposés au moins une heure à 50°C. or, la température atteint, pendant au moins une semaine, des valeurs comprises entre 65 et 70°C pendant la phase thermophile du compostage ce qui rend impossible la survie des nématodes lorsque le compostage se déroule en bonnes conditions.

Les virus, réputés plus résistants à la température, sont partiellement inactivés après six semaines sous une température allant de 50°C à 60°C. toutefois, les études dans ce domaine ont montré une forte réduction des virus infectieux après le compostage.

Le temps requis pour la destruction de quelques germes pathogènes représentatifs à une température de 60°C varie d'un organisme à l'autre (Tableau 3.4)

Tableau 3.4. Temps requis pour la destruction des germes pathogènes représentatifs à une température de 60°C.

Micro-organisme	Valeur D* (minutes à 60°C)
Adénovirus	0,15
Œufs d' <i>Ascaris</i>	1,3
Poliovirus	1,5
Staphylocoques	3,3
Salmonelles	7,5

* D'après US-EPA, 1985. D: temps nécessaire pour assurer une destruction log 10 d'un micro-organisme spécifiques à une température donnée.

Au total, la destruction des pathogènes exigera une exposition de toutes les parties du tas à une température autour de 55°C pendant au moins 3 jours. De préférence, une durée de 5 jours sous

une température de 55°C est souhaitable. Il est important d'empêcher une surélévation de la température à plus de 65°C pour éviter une inhibition de l'activité de micro-organismes décomposeurs. Les meilleurs résultats sont obtenus à une température voisine de 60°C. Après la phase d'assainissement thermique, on doit éviter tout contact du compost avec les déchets ménagers frais ou d'autres sources de contamination. La figure 3.4 illustre l'allure de l'évolution théorique de la température.

Des courbes variables peuvent être expérimentalement obtenues suivant la nature des déchets, la température ambiante, le degré d'humidité, le vent et le degré de circulation de l'air dans le tas (voir plus loin la figure 3.6). D'autre part, la température varie d'un point à l'autre du tas.

Pour le suivi de la température, il est recommandé d'effectuer au moins quatre mesures de températures dans les deux côtés latéraux du tas et à deux profondeurs : 15-25 cm et 40-50 cm. Il existe sur le marché des thermomètres à sondes métalliques longues qui permettent de mesurer la température aux profondeurs indiquées. La température est généralement plus élevée dans la position centrale des tas en compostage par rapport aux zones périphériques.

4.2.6. Aération

Parler de l'aération revient à parler de l'humidité. En effet, comme il a été précisé auparavant, l'humidité est en interaction négative avec l'aération dans la mesure où l'augmentation de la teneur en eau réduit la part de l'espace lacunaire remplie d'air. Aussi, un apport d'air aux tas en compostage est nécessaire pour fournir l'oxygène aux organismes décomposeurs et pour remplacer le gaz carbonique produit par biodégradation : le compostage est un processus aérobique.

L'aération peut être assurée par retournement, manuel ou mécanique (par une andaineuse -retourneuse) des tas de compostage. On peut aussi, comme indiqué dans la figure 3.5 implanter des tuyaux en PVC perforés dans la section du tas pour permettre une aération continue du tas.

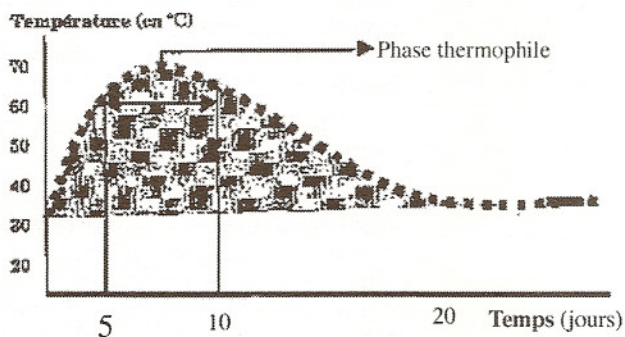


Figure 3.4 : allure théorique de la température au cours du compostage

Une proportion de 10 à 15 % d'oxygène lacunaire et considérée adéquate. Un taux élevé d'oxygène dans le tas en compostage indique une forte circulation d'air qui induit une perte de chaleur qui se traduit par une diminution de la température et donc un refroidissement du tas. Une forte circulation d'air favorise également l'évaporation et donc une chute des teneurs en eau.

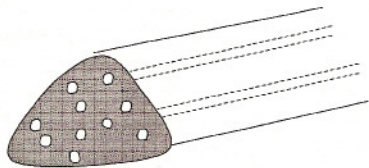


Figure 3.5. Batterie de tuyaux d'aération plantés dans le tas en compostage

En plus de ces inconvénients entravant le processus et qui sont tributaires à une sur - aération, un retournement trop fréquent induit également un surcoût en main-d'œuvre et/ou en énergie.

Un exemple d'évolution des deux paramètres température et oxygène lacunaire, issu de la campagne expérimentale réalisée dans l'UTC de Salé, est illustré par la figure 3.6.

Début de mise en andain: 17/04/2000

Fin de mise en andain: 21/04/2000

Dimensions: I=6,30 ; L=2,40 m ; H=0,90 m

Date de retournement: 04/05/2000,

17/05/2000, 26/05/2000

4.2.7. pH

Le pH est un facteur important qui conditionne la biodisponibilité des

éléments nutritifs pour les micro-organismes, la solubilité des métaux lourds ainsi que la plupart des réactions biochimiques.

Le processus lui-même de compostage modifie le pH et particulièrement pendant les premiers jours où on assiste à une légère acidification attribuée à la production d'acides organiques notamment l'acide carbonique (eau + gaz carbonique).

Après quelques jours, on assiste à une légère alcalinisation suite à la libération d'ammoniaque par le processus d'ammonification des protéines. De manière générale, le pH ne mérite pas une intervention particulière si les autres conditions sont maîtrisées.

4.3. Eléments pratiques de contrôle des facteurs abiotiques

Les encadrés 3.2 et 3.3 relatent quelques recommandations pratiques relatives au

Encadré 3.2. Interrelations de la trilogie humidité – température – aération

Des interrelations étroites sont à considérer entre les facteurs Humidité, Température et Aération (HTA). Dans une unité de niveau technologique simple (non ou semi-mécanisée), deux interventions importantes permettront de gérer la trilogie HTA :

Un tas trop humide (humidité entre 60 et 70%) doit être retourné 4 à 5 fois tous les deux jours et la fréquence de retournement n'est que de 3 à 4 fois tous les 3 jours si l'humidité est comprise entre 40 et 60%.

- Si l'humidité initiale des déchets excède les 70%, un retournement de rabattement doit être effectué tous les jours pour aérer le tas et éviter des conditions d'anaérobiose génératrices de mauvaises odeurs.

- Si l'humidité descend à moins de 30%, il conviendrait d'arroser les tas.

- Si la température baisse durant les 15 premiers jours du compostage, il est recommandé de retourner le tas pour assurer l'aération et donc activer la biodégradation

On trouve actuellement sur le marché des sondes et autres instruments permettant de suivre la température, l'humidité et le taux d'oxygène lacunaire

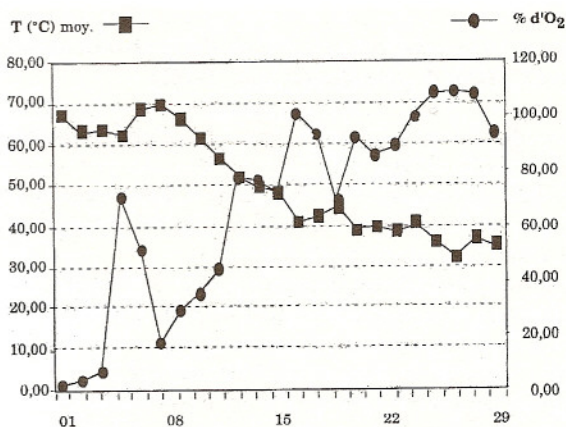


Figure 3.6. Evolution des paramètres: température et oxygène lacunaire dans un tas en compostage

(d'après les résultats de suivi de l'UTC de Bab Lamrissa, salé, Maroc).

contrôle des facteurs abiotiques : humidité, température et aération au cours du processus de compostage.

Ces conseils sont issus des expériences acquises dans ce domaine dans le cadre des essais conduits à Marrakech (Soudi & Jemali (1996) ; Hommani (1999) et à Salé (ENDA-Maghreb).

Les unités de compostage peuvent calibrer leur procédé en tenant compte des variations saisonnières des déchets ménagers par des campagnes de suivi qui peuvent être réalisées par un conseiller. Ce calibrage doit se solder par une fiche technique facile à suivre par un agent responsable de l'unité. Cette fiche porte également le calendrier des différentes interventions.

4.4. Impact des conditions du milieu

On peut dire que, globalement, les facteurs climatiques influencent très modérément le déroulement du processus de compostage. Toutefois, on

Encadré 3.3. Conseils pratiques d'après des expérimentations locales conduites à petite échelle à l'UTOM de Salé (Jemali et al., 1996b)

Les conseils suivants permettant d'avoir un niveau minimum requis pour la maîtrise du processus de compostage :

- Former des andains selon les dimensions indiquées (chapitre 4 au § 2.2).
- Retourner les andains pour les aérer tous les 3 à 7 jours (exemple le 2ème, 6ème, 10ème, 14ème et le 18ème jour) ;
- Veiller, au moment du retournement, à placer les couches superficielles du tas au centre du nouveau tas pour permettre à toutes les particules de subir une température élevée ;
- Arroser modérément le tas au moment du retournement et particulièrement à partir de la seconde semaine de la phase active de compostage ;
- Continuer ces interventions sur une période minimale de 3 semaines jusqu'à stabilisation de la chute de température. Ceci indique la fin de la phase active du processus de compostage ;
- Si la température augmente au delà du seuil admissible (65-68°C), augmenter le nombre de retournements ;
- A la fin de l'opération du compostage proprement dit, procéder au criblage manuel ou mécanique pour éliminer les fractions grossière et déplacer les tas vers l'aire de maturation ;
- Garder les tas en maturation pendant une période minimale d'un mois. Des retournements occasionnels des tas en maturation sont recommandés, mais ne sont pas obligatoires.

Tableau 3.5. Effets des facteurs climatiques et modalités d'intervention

Facteur	Effets	Qua faire ?
Excès de froid	• Refroidissement des couches superficielles du tas de composte et perte croissante de chaleur ceci a pour conséquence la réduction de l'activité biologique	• Éviter un retournement fréquent pour ne pas ralentir la reprise de température en profondeur.
Forte pluie	• Augmentation excessive d'humidité • Diminution du taux d'oxygène dans l'espace lacunaire et développement des conditions d'anaérobiose. • Emanation de mauvaises odeurs. • Lixiviation des éléments nutritifs notamment les nitrates	• Adopter une forme arrondie des tas pour permettre le ruissellement en surface • Retourner les tas • Couvrir le tas par une tâche spéciale (actuellement commercialisée) qui permet l'échange gazeux mais pas la pénétration de l'eau • Installer des abris en hauteur
Vent fort	• Augmentation du pouvoir évaporatoire et dessèchement du tas si les espaces lacunaires soit Perpendiculaire à la direction du vent dominant circulation de l'air chaud	• Planter des brise-vents autour de l'aire de compostage • Déposer les tas de manière à ce que la longueur ménagent une forte porosité permettant la • Arroser les tas

Chaleur

peut noter que certains facteurs peuvent avoir des effets significatifs sur le déroulement du processus de compostage.

Le tableau 3.5 montre les principaux facteurs de perturbation, leurs effets générés et les interventions permettant d'atténuer leurs impacts néfastes.

Ces intervention sont recommandées particulièrement pour les unités modestes du type artisanal. En effet, un certain nombre d'effets peuvent être anéantis moyennant des aménagements simples, adéquats et peut coûteux.

4.5. Vitesse du déroulement du processus du compostage

La vitesse du processus de compostage dépend des paramètres C/N, humidité, taille des particules et aération.

Ainsi, comme il a été signalé auparavant, une humidité et une aération optimale ainsi qu'un C/N compris entre 25 et 30 (ni trop faible pour éviter des pertes d'azote, ni trop élevé pour éviter un temps long d'oxydation du carbone) permettent d'augmenter la vitesse du processus.

On peut considérer, en général, que des tas de déchets ménagers souvent retournés requièrent une trentaine de jours pour achever la phase de fermentation aérobie.

4.6. Ajustement des principaux paramètres de démarrage

Comme il a été exposé plus haut, le déroulement optimal du processus de compostage nécessite l'ajustement d'un certain nombre de paramètres initiaux dont les plus importants sont l'humidité et le rapport C/N (voir encadré 3.4).

Dans des conditions particulières, d'autres mélanges peuvent être adoptés pour diminuer (par un effet de dilution) la concentration d'un métal lourd dominant ou pour l'enrichissement du produit final par des oligo-éléments qui se sont chélatés aux substances humiques et forment un complexe organo-oligo-minéral fournissant ainsi leurs effets potentiels de phyto-toxicité.

4.7. Maturation du compost

Après la phase de fermentation en tas aérés par retournement, une fraction significative des matières organiques dégradables est décomposée. Ceci se solde par une perte de poids significative (près de 50% de volume). Les matières organiques restant après cette première phase se décomposent lentement. L'activité microbienne continue à faible intensité. Cette seconde phase, appelée phase de maturation, prend quelques semaines à 6 mois selon les conditions abiotiques externes et selon les spécifications du produit à commercialiser. Comme on le verra plus loin au paragraphe réservé aux paramètres de qualité du produit final (§ 4.9), le degré de maturation dépendra des types d'usage.

Durant la phase de maturation, la température atteint une température inférieure à 45 °C et se stabilise autour de 30 °C. Ceci témoigne d'une réduction de l'activité biologique à cause du faible niveau d'humidité, du taux d'oxygène inadéquat et du déséquilibre nutritionnel des micro-organismes. Des retournements occasionnels sont recommandés.

Après la maturation, le compost est préparé pour la commercialisation. Les opérations de criblage et de broyage permettent d'augmenter la valeur commerciale du compost, mais aussi d'améliorer sa biodégradabilité, une fois incorporé au sol.

Encadré 3.4. exemple numérique de réajustement de la teneur en eau et du rapport C/N (inspiré et adapté de la démarche rapportée In On-farming Composting Handbouk, NRAES, 1992)

Données générales du problème

On dispose de déchets ménagers ayant une teneur en eau de 70%, une teneur en azote de 2,5% et un C/N de 15. On se propose de réajuster à leurs valeurs optimales les paramètres teneur en eau (TE) et C/N. Pour cela, on dispose à proximité de sciure fraîche de bois (sfb) et de paille (p) (celle-ci est prise juste pour l'exemple car il s'agit d'une denrée difficile à justifier économiquement comme ingrédient dans les zones souffrant de sécheresse ; il s'agit en priorité d'un aliment de bétail par excellence). Il ne faut pas que la tonne de paille soit plus chère que la valeur du compost

Le C/N de la sfb est de 500, sa teneur en azote est de 0,11% et sa TE est de 35%

Le C/N de la paille est de 120, sa teneur en azote est de 0,37% et sa TE de 15%

Etape 1. Ajustement de la teneur en eau à 60%

1 tonne (T) de déchets ménagers (dm) contient :

Masse de l'eau1t x 0,70 = 0,7t
Matière sèche1t - 0,7 = 0,3t
Azote0,3 x 0,25 = 0,00750t
Carbone0,00750 x 15 = 0,1125t

1 tonne (T) de sciure fraîche de bois (sfb) contient :

Masse de l'eau1t x 0,35 = 0,35t
Matière sèche1t - 0,35 = 0,65t
Azote0,0011 x 0,65 = 0,00072t
Carbone0,00072 x 500 = 0,36t

TE (%) = (masse de l'eau de DM + masse de l'eau de SFB) / masse totale

TE (%) = 60% = 0,60 = [0,7 + (0,35 x Msfb)] / (1 + Msfb)

Msfb : la masse de sciure fraîche de bois (en tonnes) requise pour l'ajustement de la teneur en eau.

0,6 (1 + Msfb) = 0,7 + (0,35 x Msfb) ce qui donne : Msfb = 0,4 t

Etape 2. Vérification du C/N résultant de l'addition de la sciure de bois

(C/N) du mélange = (Cdm + Csfb) / (Ndm + Nsfb)

Application numérique

(C/N) du mélange = [0,1125 (0,4 x 0,36)] / [0,00750 + (0,4 x 0,00072)]

(C/N) du mélange = 32,9 soit un C/N de 30 (acceptable).

Etape 3. Que faire dans le cas où le C/N obtenu suite à l'addition de sfb serait inférieur à l'optimum

(C/N de 20 par exemple au lieu de 30) ?

Si on dispose d'un autre matériel riche en carbone et de teneur en eau faible, pour le cas de notre exemple, on dispose de la paille.

Soit un (C/N) de 30 recherché après mélange et M la masse totale (Mdm + Msfb + Mp), quelle est la masse de paille (Mp) à ajouter pour ajuster le C/N ?

Masse du premier mélange (dm et sfb) x 15 + Mp x Cp/Np = M x (C/N)r

(1 + 0,4) x 15 + (Mp x 120) = (1 + 0,4 + Mp) x 30, ce qui donne Mp = 0,23t

Etape 4. Vérification du TE même si on a ajouté un matériel de faible de teneur en eau

TE (%) = (masse de l'eau de dm + masse de l'eau de sfb + masse de l'eau de p) / masse totale

Ceci donne : TE final de 54% (c'est acceptable).

Remarques

1. Cet exemple vise l'illustration de la démarche de calcul. Les résultats numériques ne sont pas à considérer

2. Ce calcul peut être automatisé (méthode d'optimisation du mélange basée sur les valeurs initiales des paramètres C/N et TE des matières premières et sur les contraintes : valeurs optimales, disponibilités des matières premières et sur les contraintes : valeurs optimales, disponibilités des matériaux et coûts incluant le transport, le coût d'opportunité (exemple : la paille ne peut être utilisée dans les pays à faible rendement céréalier et à grand besoin en alimentation de bétail).

4.8. Bilan de masse

Sur la base de la composition des déchets ménagers et particulièrement leur teneur en matières compostables, il est possible d'estimer la masse ou le volume du compost qu'on peut produire à partir des déchets ménagers bruts.

Un exemple de bilan de masse pour le cas des déchets ménagers au Maroc (cas

des petites et moyennes communes) est rapporté dans l'encadré 3.5.

4.9. Paramètres de qualité du compost

4.9.1. Paramètres physiques et chimiques

Les paramètres de qualité du compost se basent sur un certain nombre de normes assez variables d'un pays à l'autre.

Encadré 3.5. Bilan de masse du compostage dans les petites et moyennes communes

Une tonne de déchets ménagers bruts contient près de 800 kg de matières Refus = 200 kg

Pertes de masse :

- Une perte d'environ 45% est attribuée à la phase active du processus de compostage soit 440 kg restants à environ 30% d'humidité

- Une perte d'environ 5% est attribuée au criblage et à la phase de maturation

Le poids du compost final est de : 400 kg soit 50% du poids total des matières compostables et 40% du poids livré d'une tonne.

Le compost final a une teneur en eau d'environ 25%

Une commune d'une population de 17 000 habitants produirait en moyenne 10 tonnes/ jour qui généreront près de 4 tonnes de compost par jour soit 1460 tonnes/an.

Pour convertir le tonnage en volume exprimé en m3, on utilise une densité de 250 à 350 kg/m3 (soit un volume de 2,8 à 4m3 pour chaque tonne)

Toutefois, ces normes convergent vers un objectif unique :

Produire un compost qu'on peut valoriser sans générer des impacts négatifs sur la qualité de l'environnement et la santé humaine et animale.

La liste des paramètres de qualité et leurs normes respectives sélectionnées dans la littérature internationale sont regroupées dans les tableaux 3.6 et 3.7.

Dans la plupart des pays en développement, la notion de qualité de compost de déchets ménagers ou d'autres composts issus d'autres matières premières n'est pas encore admise, faute de réglementation adéquate.

En effet, ceux-ci se contentent d'une appréciation empirique liée à la couleur et à l'aspect général du compost . Ce type d'évaluation basant sur les paramètres suivants :

- Couleur sombre à noir témoignant d'un degré de décomposition avancée.

Tableau 3.6. Normes de qualité du compost final

(Normes reprises de différentes références : US-EPA (1995) adaptée de Rynk et al. On farm composting Handbook (1992) (NRAES-54), US-EPA (1995) et normes canadiennes rapportées par Blanchette & Côté (1998))

Paramètre	Valeur fourchette /appréciation	Observations
PH	5,0-7,6	Si la culture exige un pH>6,5 on pratique la technique de chaulage à condition que la conductivité électrique n'excède pas 30 mmhos/cm Il s'agit de la teneur en eau du produit final
Humidité (en % dupoids frais)	< 40	
Matière organique(%)	30-50	Un niveau plus élevé indique un C/N plus élevé
Rapport C/N	12-15	
Taille des particules (en mm)	G*M*F*	Taille optimale entre 7 et 13 mm (US-EPA, 1995)
Couleur	Brun foncé à noir	
Odeur	Odeur de terre humidifiée	Critère seul insuffisant
Salinité(CE en mmhos/cm)	2-5	Une concentration saline relativement plus élevée peut être autorisée pour le cas d'amendement du sol
N-NO ₃ /N-NH ₄	>2	Indicateur de maturité
Taux de consommation D'oxygène (Mgo2 /kg. heure)	150-200	Indicateur de maturité
Corps étrangers (en %de matière sèche)	<1%	Un taux plus élevé mais n'excédant pas 5 % de matière sèche peut être toléré si le produit est utilisé pour l'amendement des sols
Corps étrangers tranchants	0%	
Métaux lourds (en % de matière sèche)	Normes canadiennes (Blanchette & Côté, 1998)	Normes américaines pour les biosolides(compost issu de boues de stations d'épuration ou de boues co-compostées avec les déchets ménagers (US-EPA,1995))

Métal	Catégories de compost		Métal	Valeur (mg/kg de matière sèche)
	AA ou A*	B*		
As	13	75	As	75
Cd	3	20	Cd	85
Cr	210	1060	Cr	3000
Pb	150	150	Pb	840
Cu	100	757	Cu	4300
Hg	0,8	5	Hg	57
Mo	5	20	Mo	75
Ni	62	180	Ni	420
Se	2	14	Se	100
Zn	500	1850	Zn	7500

- Odeur : odeur de la terre sèche humectée.

- Absence de corps étrangers.

- Non – visibilité des matières premières.

Toutefois, ces appréciations sont insuffisantes pour juger la qualité du compost et peuvent être, dans certains cas, trompeuses. seules les analyses et les mesures au laboratoire peuvent permettre de se prononcer sur la qualité du compost. aussi, des essais culturaux de démonstration sur des sols

révélateurs de la valeur fertilisante du compost et de risques de phyto- toxicité.

Les métaux lourds constituent les éléments qui méritent un contrôle particulier car, à des concentrations excessives, ils peuvent limiter l'usage du compost pour des raisons de phyto-toxicité et d'impact négatif sur l'environnement.

Le problème majeur lié aux normes de métaux lourds réside dans le fait que la dynamique de ces éléments et leur niveau de toxicité dépendent d'un

certain nombre de facteurs :

- Le type de sol via les paramètres suivants :

- La Capacité d'Echange Cationique qui détermine la capacité d'adsorption des cations notamment métalliques.

- Le PH qui détermine le degré de solubilité des métaux . A ce niveau, les sols marocains, qui sont calcaire et ayant dans la majorité des cas des PH neutres à basiques, permettant une précipitation des métaux lourds .

- La teneur en matière organique et particulièrement en substances humiques permet de chélater ou complexer les métaux lourds

- Le type de culture: l'intensité d'absorption des métaux lourds et le degré de phyto- toxicité varie d'une culture à l'autre.

4.9.2. Degré de maturité du compost

Le degré de maturité du compost est un paramètre particulier et d'une grande importance. Un compost est considéré mûr lorsqu'il séjourne le plus longtemps possible (1 à 4 mois) dans l'aire de maturation dans les conditions favorables.

Concernant ce phénomène, deux questions sont fréquemment posées :

- Comment peut- on juger le degré de maturité du compost ?

- Quelles sont les relations entre la maturité et la qualité du compost ?

4.9.2.1. Méthodes d'évaluation de la maturité du compost

On peut relever, dans la littérature, plusieurs méthodes d'évaluation de la maturité d'un compost. Ces méthodes sont de quatre types empiriques, chimiques, physiques et biologiques. Certains de ces méthodes ne sont pas faciles à mettre en application et nécessitent un arsenal instrumental plus ou moins complexe. Aussi, on se propose dans les présent manuel de présenter des méthodes simples à utiliser et qui donnent des résultats satisfaisants.

• Méthodes empiriques

Les méthodes empiriques ou pifométriques se basent sur une

évaluation visuelle et sur des impressions tactiles. Un compost mûr présente les caractéristiques suivantes :

- Les matières premières ne sont plus identifiables.

- Le compost ne dégage pas de mauvaises odeurs d'ammoniac et dégage plutôt une odeur de terre humidifiée.

- Le compost est doux au toucher.

• Méthodes physiques

* Test de ré- humidification

On humecte un échantillon de compost à 50% et l'on suit la température. Si celle-ci ne remonte pas, on peut conclure que le compost est stabilisé et donc mûr. En principe la température doit être maintenue entre 20 et 30°C.

* Test de tamisage

On fait passer environ 5 kg de compost à travers un tamis de maille 25 mm et l'on évalue par pesée la quantité tamisée. Si cette quantité varie entre 4 et 5 kg, on peut conclure que le compost est mûr. Ceci suppose que le test est effectué avant toute opération de broyage.

Tableau 3.7. Normes de qualité du compost final destiné au marché (OMS, 1985, 1991-1993)

Paramètres	Valeurs normal
Caractéristiques générales	
- Humidité (g/100g)	30 - 50
- Matière inerte (g/100g)	30 - 70
- Matière organique (g/100g)	10 - 30
- ph (1:10)	6 - 9
- Taille des particules (mm)	2 - 10
Matière en proportions majeurs (g/100g de matière sèche)	
- Azote	0,1 - 1,8
- Phosphore (P2O5)	0,1 - 1,7 (0,2 - 3,8)
- Potassium (K2O)	0,1 - 2,3 (0,12 - 2,76)
- Soufre	0,5 - 3,0
- CaO	1 - 20
- Sels totaux (KCl)	0,5 - 2,0
Matières en proportions mineures (oligo-éléments et métaux lourds) en mg/kg de matière sèche	
- Bore B	60 - 360
- Cadmium Cd	15 - 40
- Cuivre Cu	90 - 260
- Fer Fe	8 000 - 15 000
- Mercure Hg	1 - 5
- Manganèse Mn	300 - 1 300
- Molybdène Mo	10
- Plomb Pb	200 - 400
- Zinc Zn	800 - 1 200

• Méthodes chimiques

* Test de pH

Théoriquement, un compost ayant subi un processus optimal de fermentation a un Ph neutre à légèrement basique.

* Rapport ammonium/nitrate

Un compost mûr doit contenir plus de nitrates que d'ammonium .

En général, on admet un rapport nitrate/ammonium de 2/1 ou plus. Ce test n'est pas valable si le compost est enrichi avec un engrais minéral azoté à base d'ammonium et/ou de nitrate.

* Test du chrome

Cole (1992) mis en évidence un test chimique basé sur le niveau d'oxydation de l'ion chrome. Ce test a été essayé et adapté au laboratoire de Biochimie du sol à L'IAV Hassan II de Rabat (Souidi, 1999, résultats non publiés). Le test consiste à mélanger un échantillon de compost séché et broyé à 0,1 mm avec 10 ml de bichromate de potassium (K2 Cr2 O7, 1N) et 20 ml d'acide sulfurique. L'apparition d'une couleur franchement verdâtre attribuée à la présence de l'ion chrome Cr3+ témoigne de la non

-maturité du compost. Par contre, une coloration plus brune que verte indique que le compost est mûr.

* Rapport C/N

Le rapport C/N diminue au cours du compostage à cause de la biodégradation des matières organiques et du dégagement du gaz carbonique qui en résulte. Il est commun d'admettre, pour un compost mûr, un rapport C/N compris entre 10 et 12. Globalement, le rapport C/N d'un compost de déchets ménagers doit être inférieur à 19 (Eawag, 19970) et entre 12 et 15 de préférence. Pour le cas du compost des boues de stations d'épuration, le C/N désire pour le compost est de 5 à 6 (Hirai, 1983). Le carbone et l'azote sont dosés par les méthodes usuelles au laboratoire.

* Test de chromatographie simple (Eawag, 1974)

Il s'agit d'une méthode basée sur la migration sélective des composés organiques selon leur poids moléculaire, la taille et les charges négatives. Le principe de ce test consiste à faire une extraction alcaline du compost en agitant pendant au moins 3 heures un échantillon d'environ 1 g dans 100 ml d'une solution de Na OH 0,5 N . Après centrifugation ou filtration de la suspension, on place ensuite 1 à 2 ml du jus d'extraction au centre d'un papier-imbibé au nitrate d'argent (AgNO3) et mis dans une boîte de Pétri.

Après quelques heures, on procède à l'interprétation des résultats. Celle-ci est basée sur le fait qu'un compost mûr et de bonne qualité est riche en substances humiques (acides fulviques et acides humiques) avec une proportion importante d'acides humiques de poids moléculaire élevé. Ainsi, le test chromatographique sur papier montre pour le cas du compost mûr un noyau central brun à pâle avec une mince couche extérieure. Un compost non mûr présenterait plutôt un noyau centrale de couleur foncée avec des migrations de substances intermédiaires précurseurs de l'humification et de poids moléculaire relativement faible.

• Méthodes biologiques

Les tests les plus révélateurs de la phyto- toxicité sont basés sur l'effet du

compost sur la faculté germinative des graines de quelques plantes tests (cresson, orge, laitue,...). Ces tests consistent à semer un même nombre de graines dans trois pots contenant le sol ou un mélange de sol et de sable sans compost et trois autres pots contenant le même substrat et amendés par le compost à une dose de 1% soit environ l'équivalent de 30 tonnes/ha. Après germination et levée, on dénombre le nombre de plantules dans les deux catégories de pots. On considère égale à 100% la moyenne des résultats des taux de germination dans les substrat dans compost. Ce type de test peut être complété en prolongent le cycle de la culture et en essayant différentes doses de compost.

4.9.2.2. Relations entre le degré de maturité et la qualité du compost

Pour répondre à cette question, il convient de préciser le type d'usage. En effet, un compost mûr présente moins de phyto-toxicité et, de ce fait, il est fortement recommandé pour les jeunes plantules, les semences en germination en champ ou dans les pépinières et pour les substrats horticoles ou de plantes ornementales. En effet, la faculté germinative et la croissance des jeunes plantes peuvent être inhibées par des substances intermédiaires comme les acides organiques par exemple.

Pour d'autres usagers, un degré élevée de maturité n'est pas obligatoire à condition que le compost ait subi un assainissement thermique durant la phase active de fermentation. En effet, pour des vergers d'arbres fruitiers, pour des arbres forestiers et pour la réhabilitation des sols dégradés, un compost semi-mûr peut être utilisé sans danger. Le processus d'humification continuerait après incorporation au sol.

B. APPROCHE TECHNIQUE POUR LA MISE EN PLACE D'UNE UNITE DE TRI-COMPOSTAGE

I. INTRODUCTION

Ce chapitre est consacré à l'exposé d'un certain nombre d'éléments clés concernant la mise en place d'une unité de tri-compostage. Le lecteur y trouvera aussi des renseignements relatifs aux

fonctions des différentes unités de l'UTC ainsi que quelques ordres de grandeur de leurs dimensions.

L'ensemble de ces éléments constitue les ingrédients nécessaires pour la planification d'un projet d'installation d'une UTC et montre au technicien l'importance des composantes d'une UTC pour la réussite du processus du compostage et pour une meilleure utilisation de l'espace. d'autres considérations techniques permettant de minimiser l'impact sur l'environnement sont également précisées

II. DIMENSIONNEMENT ET FONCTIONNALITE D'UNE UTC

2.1. Aire de tri

Le tri est effectué manuellement sur une aire couverte pour la protection des ouvriers par apport au soleil et à la pluie et imperméabilisée pour éviter l'infiltration des lixiviats. La superficie requise est d'environ 50 m² par tonne de déchets bruts. La hauteur du toit de couverture doit être d'environ 6 m pour permettre le passage de véhicules qui livrent les déchets. La fraction non organique des déchets est acheminée vers une déchèterie contrôlée.

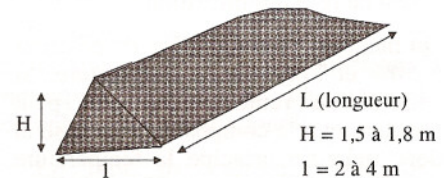
La partie organique fermentescible est acheminée vers l'aire de fermentation. Lorsqu'on prévoit des possibilités de recyclage, la fraction non organique peut être triée en une ou plusieurs catégories (plastiques, verres, cartons, etc.) qui sont placées dans des compartiments ou casiers différents. Le système de tri et d'acheminement des différentes catégories de déchets triés peut être mécanisé en utilisant des transporteurs à palettes et des tapis roulants.

2.2. Andains et air de fermentation

Pour les unités de compostage à petite ou moyenne échelle, le compostage en tas semble être le plus approprié. La dimension du tas est importante : pas trop haut pour éviter l'auto-tassement, pas trop large pour faciliter le retournement. La dimension optimale à préconiser est : 1,5 m de haut et 2 mètres de large. La longueur minimale doit être de 3 mètres et le maximum dépendra des volumes des tas individuels et de

l'aire de fermentation. Une longueur de 8 mètres correspondant à 12 m³ est recommandée pour les petites unités. Lorsqu'on dispose d'une andaineuse - retourneuse, la largeur du tas doit être adaptée à la largeur de la machine et peut être de 4m. La longueur peut être augmentée à 15 m ou plus. La figure 4.1 illustre la forme géométrique et les dimensions d'un andain.

Figure 4.1. Forme géométrique et dimension d'un andain



2.3. Aire de fermentation

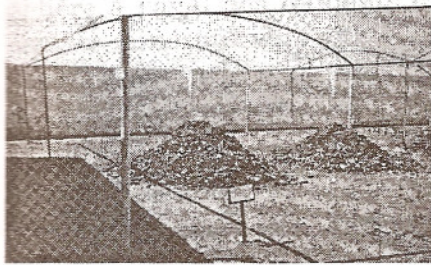
La fermentation correspond au compostage proprement dit. L'aire de fermentation est dimensionnée sur la base de données suivantes :

- La densité varie de 250 kg/m³ (mesurée pour les déchets de Rabat - Salé (Maroc)) à environ 300 kg/m³.
- La surface occupée par un andain de dimension minimale et son volume. On peut jouer sur la longueur des andains de telle manière qu'ils correspondent au volume de déchets collectés par jour ou en deux jours. Ceci facilitera la gestion du calendrier d'interventions (retourneurs, arrosages, etc.)
- Le temps de séjour des déchets sur l'aire de fermentation : 30 à 50 jours.
- Le tonnage journalier de déchets livré à l'unité de tri-compostage.
- L'espacement entre les rangées d'andains doit être équivalent à au moins la largeur des andains pour permettre le retournement et/ou le passage du tracteur dans le cas d'un retournement mécanisé.
- L'espacement entre les andains doit être égal à au moins 1,25 m.

Il est important de prévoir toujours une aire d'extension. Si on se heurte à des restrictions majeurs de terrain, on pourra augmenter de 0,5 m la hauteur des andains.

La précaution environnementale à considérer réside dans l'imperméabilisation de la plate-forme de compostage pour éviter les infiltrations des lixiviats dans le sol et dans les eaux souterraines. Cet aménagement est associé à l'installation d'un système de drainage et de stockage des lixiviats (voir figure 4.3). Une vue de l'aire de fermentation de l'UTC de Bab Lamrissa à Salé illustrée par la photo 4.1.

Photo 4.1. Aire de fermentation et andains dans l'UTC de Bab Lamrissa à Salé



2.4. Aire de maturation

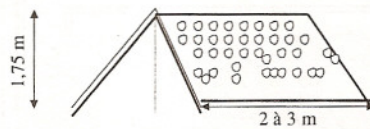
La forme géométrique du tas en maturation n'a aucune importance. Comme il a été souligné auparavant, la durée de maturation s'étale sur une période allant de quelques semaines à 6 mois selon les conditions abiotiques externes et selon les spécifications du produit à commercialiser.

La superficie de l'aire de maturation est modulable est fonction de la demande et de l'écoulement du produit. D'après les expériences acquises à travers les projets-pilotes de ENDA Maghreb, on peut retenir, à titre indicatif, une superficie de 30 m² et un volume de 60 m³ / tonne de déchets bruts livrés à l'unité. L'aire de maturation doit être couverte.

2.5. atelier de criblage

Le criblage constitue une étape essentielle pour la préparation du compost. Il consiste en l'élimination des fractions grossières. Le compost est déposé sur une grille dotée de mailles rondes de 30 mm de diamètre. On peut utiliser une grille en acier, de forme carrée et de superficie d'environ 6 à 9 m², déposée sur des pieds hauts de 1m. La figure 4.2 montre un schéma de cribleur facile à confectionner localement.

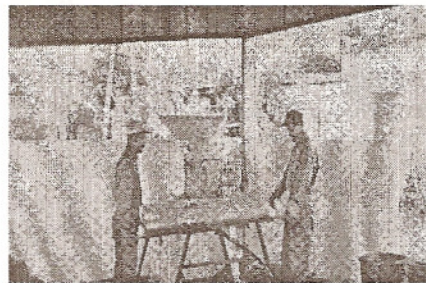
Figure 4.2. Schéma et dimension d'un cribleur



La forme et les dimensions du cribleur peuvent varier en fonction de la capacité et du degré de criblage.

Pour l'obtention d'un compost fin, maniable et à grande surface spécifique lui offrant une grande facilité de biodégradation, on peut procéder au broyage. La photo 4.2 illustre les opérations de broyage et criblage après la maturation du compost.

Photo 4.2. Broyage et criblage du compost après maturation



2.6. Aire de stockage

Après criblage et broyage du compost, ce dernier est mis dans un espace de stockage muni ou pas d'un équipement

pour l'emballage. Le sol de l'aire de stockage doit être nivelé et compacté en gardant une légère pente en direction du caniveau. L'aire de stockage doit être aménagée de telle manière à ce qu'elle permette l'accès et le passage de véhicules.

2.7. Aménagements pour la récupération et le traitement des lixiviats

Un fossé imperméabilisé de 0,5 m de largeur et de 0,5 m de profondeur est creusé en contrebas des différentes aires pour la collecte des eaux pluviales, des eaux de lavage de l'aire de tri et les lixiviats provenant des tas en compostage. Ces eaux sont ensuite déversées dans un bassin de décantation pour se décharger au cours de leur passage des matières en suspension. Celles-ci se déposent au fond de la lagune. Le bassin de décantation est doté d'une buse d'évacuation située au niveau haut du coin diamétralement opposé au fossé dans lequel se déversent les eaux. L'eau assainie peut être ensuite répartie en minces lames sur une sorte d'escaliers bétonnés pour faciliter leur évaporation. On peut également prévoir une roselière à l'aval des effluents d'eaux décantées pour pomper les éléments minéraux solubles ou l'utilisation de plantes aquatiques de type helophytiques (macrophytes) qui sont dotées d'un grand pouvoir épuratoire.

Encadré 4.1. Superficie minimales requises (SMR) pour le compostage SMR pour le compostage artisanal de 3 tonnes de déchets /jour

Dimensions des tas : longueur de 3 m ; largeur de 2 m et hauteur de 1,5 m soit une superficie individuelle par tas de 6m² et un volume de 4,5 m³

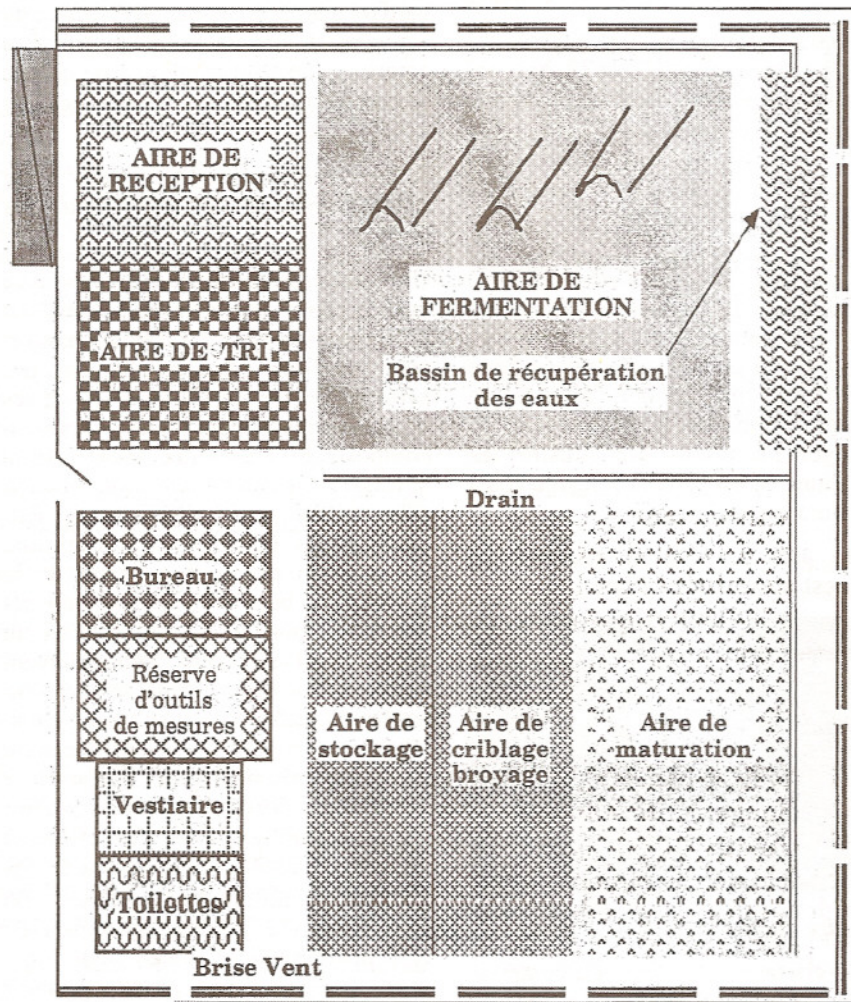
20 emplacements de tas (3 m X 2m + 1,5 m de distance entre les tas)	150 m ²
voie de livraison de déchets (25 m x 4m)	100 m ²
Aire de réception (15 m x 4 m)	.60 m ²
Aire de stockage et de maturation (25m x 2 m)	50 m ²
Total	360 m²
Aire d'extension	180 m ²

Une possibilité d'extension en cas de manque de terrain réside dans l'augmentation de la hauteur des andains mais pas plus de 2m pour éviter le tassement et faciliter le retournement manuel à la fourche .

On retient un chiffre de 120 m²/tonne de déchets.

SMR pour le compostage semi - mécanisé des quantités plus importantes de déchets	
10 tonnes (3 500 ménagers).....	1200 à 1800 m ²
40 tonnes (14 000 ménagers).....	0,75 à 1,0 ha
80 tonnes (28 000 ménagers).....	3,0 à 4,5 ha

Figure 4.3. Schéma montrant les principales composantes d'une unité de tri-compostage (les superficies des différentes composantes sont modulables)



La superficie totale de ces locaux peut être d'environ 24 m². Il est important de souligner que la grandeur de ces équipements est modulable en fonction de la capacité de l'unité. On peut doter l'unité d'un équipement mécanisé composé d'une andaineuse- retourneuse, d'un broyeur et d'un tracto- pelle .

2.9. Schéma récapitulatif

Un exemple des principales composantes de l'unité de compostage est illustré par la figure 4.3. D'autres aménagements spécifiques peuvent être conçus et réalisés en fonction du contexte de milieu et des moyens.

2.10. Petit matériel

Le nécessaire de base se limite à des :

- Fourches à 4 et à 9 dents.
- Pelles .
- Balais .
- Tinettes .
- Gants .
- Combinaisons de travail .
- Bottes .
- Motopompes ou citernes pour l'adduction de l'eau.
- Tuyaux pour arrosage.

III. SUPERFICIE POUR UNE UNITE DE COMPOSTAGE

L'encadré 4.1 fournit quelques ordres de grandeur des superficies minimales requises (SMR) pour une unité de tri-compostage à petite échelle (3 tonnes /jour).

IV. TEMPS NECESSAIRE POUR LES OPERATIONS DE TRI ET DE RETOURNEMENT

Dans une unité de compostage, le tri manuel et le retournement constituent les opérations les plus consommatrices de temps. Ainsi, il a été jugé utile de relater quelques ordres de grandeur inspirés des expériences acquises dans l'UTC de Salé- Bab Lamrissa et d'autres essais à caractère expérimental conduits dans d'autres localités (encadré 4.2).

C. COMMERCIALISATION ET VALORISATION DU COMPOST

I. INTRODUCTION

Il est actuellement admis qu'on compostage techniquement bien

Encadré 4.2. Ordres de grandeurs du temps consommé par les opérations manuelles

Tri manuel un homme- jour pour 1 tonne (3,6m ³)
Mise en andains .....un homme- jour pour 1 tonne (3,6m ³)
Retournement un homme- jour pour 5 tonnes (18 m ³)

INFORMATION. Les machines andaineuses retourneuses qui sont actuellement sur le marché ont une capacité équivalente allant de 30 à 200 hommes- jours ou même plus . Des machines quasi- similaires peuvent être perfectionnées localement en faisant appel à la technologie locale. Ceci permettrait d'éviter le problème lié au manque de pièces de rechanges et d'entretien et d'assurer une durabilité du matériel.

Retenir à titre indicatif :

- Pour un tonnage de déchets inférieur à 4 tonnes/jour le retournement manuel est faisable dans le cas de disponibilité de main- œuvre .
- Pour un tonnage de déchets supérieur à 4 tonnes/jour il est recommandé de prévoir une andaineuse- retourneuse.

2.8. Autres équipements

Pour faciliter la gestion de l'unité, il convient de prévoir également les aménagements suivants :

- Un bureau
- Un local de rangement de petit matériel et de sondes de mesures.
- Des toilettes et une douche.
- Un vestiaire.

pratique permet de générer un produit d'amendement d'une excellente valeur. En effet, le compost présente des avantages majeurs sur les plans agronomique, économique et environnemental.

Le compost est un excellent produit d'amendement des sols : il permet d'améliorer un grand nombre de paramètres de fertilité physique et chimique des sols :

- Amélioration de la structure du sol .
- Atténuation de l'érosion par augmentation de la cohésion du sol et de sa stabilité structurale.
- Diminution de la densité apparente.
- Augmentation de la capacité de rétention de l'eau.
- Réaction et circulation de l'air.
- Amélioration du drainage.
- Augmentation de la matière organique du sol.

- Suppression de germes phytopathogènes par la stimulation du développement des organismes, saprophytes compétitifs, production de toxines et antibiotiques, etc.)

- Libération progressives d'éléments nutritifs majeurs (N,P et K) et donc atténuation de pertes et de pollution lorsque les eaux souterraines.

- Augmentation de la capacité d'échange cationique (CEC) et, par conséquent, de la rétention d'éléments nutritifs surtout dans le cas des sols de texture sableuse.

Des relations de cause à effet entre l'application du compost et certains de ces paramètres sont rapportées dans le tableau 5.1. Ces actions s'apparentent aux rôles nobles joués naturellement par la matière organique du sol.

Les résultats obtenus à travers les essais agronomiques effectués au Maroc et dans d'autres pays ont montré que le compost d'ordures ménagères peut être considéré comme un excellent produit d'amendement organique qui permet d'améliorer les propriétés physiques et chimiques des sols et, par conséquent, les rendements des cultures.

En plus de ces impacts positifs sur les paramètres physico-chimiques et biologiques des sols, le compost présente d'autres avantages :

Tableau 5.1. Principales actions du compost sur les paramètres de la qualité des sols.

Paramètre	Action du compost	Conséquences
Stabilité structurale	Augmentation de la stabilité des agrégats en jouant le rôle de ciment et en atténuant l'action dégradante de l'eau	Amélioration de l'aération et donc de l'activité biologique et racinaire, atténuation de l'érodibilité des sols et amélioration de la circulation de l'eau.
Rétention en eau	Augmentation de la rétention de l'eau par le sol et particulièrement des sols sableux de faible capacité d'emmagasinement de l'eau	Réduction de la lixiviation des nitrates et autres ions dans les sols sableux et économie de l'eau dans les sols de zones arides.
CEC	Augmentation de la teneur en substances humiques et donc des charges négatives qui contribueront à l'augmentation de la CEC du complexe argilo-humique.	Rétention des cations (éléments nutritifs) et particulièrement dans les sols sableux de faibles teneurs en colloïdes argileux et humiques et augmentation de la capacité d'adsorption des pesticides et de complexation de métaux lourds rendant ceux-ci moins biodisponibles et donc moins phyto-toxiques.
Fertilité chimique	Fourniture d'éléments nutritifs par minéralisation progressive.	Alimentation minérale des plantes cultivées, économie des engrais chimiques commerciaux et réduction de la pollution.
Fertilité biologique	Amélioration de l'activité biologique et développement des saprophytes concurrençant les agents phytopathogènes.	Augmentation de la résistance des plantes à certaines maladies.

* CEC : Capacité d'Echange Cationique

- Redressement de la teneur en matière organique des sols ayant été soumis à une mise en valeur intensive et à une mauvaise gestion des résidus de cultures. En effet, les pertes décennales en matière organique enregistrées dans quelques périmètres irrigués au Maroc varient de 20 à 30% (Soudi & Nâaman,1999). Aussi, le compost peut significativement contribuer à la réhabilitation des terrains de parcours mis en culture dans le Moyen Atlas (Maroc) qui ont subi des pertes en matières organiques dépassent les 40 % sur une période de 50 ans.

- Il peut être utilisé pour la confection des pots de cultures en pépinières et dans les substrats horticoles.

II. VALEUR AGRONOMIQUE DU COMPOST

La valeur du compost (VC) peut être dissociée en deux composantes :

Valeur organique (VO) et valeur minérale (VM), soit :

$$VC = VM + VO$$

La valeur minérale correspond à la quantité d'éléments nutritifs majeurs et d'oligo-éléments disponibles dans le compost sous formes directement

assimilables ou fournies par voie de minéralisation. En effet, le compost fournit les éléments nutritifs de manière progressive au cours du cycle cultural. Ceci atténue les pertes d'azote par lixiviation.

La valeur organique correspond aux effets bénéfiques de la matière organique, en général, et des substances humiques, en particulier, sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols comme il a été mentionné plus haut. La valeur organique du compost est plus importante du point de vue impact sur la qualité du sol que sa valeur minérale. De ce fait, on considère, en général, que la valeur organique est au moins égale à deux fois la valeur minérale (VO = 2 VM).

L'encadré 5.1 donne des ordres de grandeurs des quantités d'éléments majeurs (N,P ,K) susceptibles d'être fournis par le compost ainsi qu'une estimation de la valeur agronomique du compost.

III. PRATIQUES D'UTILISATION DU COMPOST

En premier abord, l'utilisation rationnelle et adéquate du compost doit tenir compte des éléments suivants :

Encadré 5.1. valeur agronomique du compost de déchets ménagers

• Fourniture d'éléments nutritifs

Les quantités d'éléments nutritifs majeurs susceptibles d'être fournies par le compost sont variables et dépendent de la composition du compost utilisé et des conditions hydriques, thermiques et d'aération au niveau du sol. On rapporte ci-après des fourchettes indicatives. Une tonne de compost de déchets ménagers fournirait :

- 4 à 10 kg de N/ha
- 3 à 9 kg de P₂O₅/ha.
- 3 à 6 kg de K₂O/ha.

• Gain économique en fertilisants

Une dose de 10 tonnes apporterait au minimum 40 kg de N/ha, 30 kg de P₂O₅/ha et 30 kg de K₂O/ha, soit un gain économique minimal basé sur les prix des engrais au Maroc de : 55 \$ US/ha pour une dose de 10 tonnes de compost.

• Valeur agronomique globale du compost

$VC = VM + VO$ et $VO = 2 VM$.

Le gain total annuel varierait entre 165 à 495 \$ US/ha.

Ce gain sera majoré si on considère les éléments secondaires (Ca, Mg, etc.) et les oligo-éléments.

- La nature du sol.
- Le climat.
- La plante cultivée, son stade de développement et ses besoins en éléments nutritifs.
- La qualité du compost : degré de maturité, composition en éléments nutritif, en métaux lourds et en sels.

Quelques conseils pratiques (encadré 5.2) peuvent guider l'usage du compost des déchets ménagers comme produit d'amendement du sol ou comme composante de substrats pour cultures en pots et pour pépinières de plantes ornementales ou forestières.

Ces conseils sont le fruit des essais agronomiques réalisés au Maroc (Oukhouya, 1999 ; Nabich, 1999) ou dans d'autres contextes similaires (Bahler, 1979 ; Anid, 1981). Le lecteur pourra consulter la fourchette de doses proposée par l'OMS (1985) (encadré 5.3).

Encadré 5.2. Conseils pratiques d'utilisation du compost

• **Mode d'application.** Le compost doit être enfoui à 10 ou 15 cm de profondeur pour éviter son dessèchement en conditions chaudes et garantir une minéralisation optimale et une libération d'éléments nutritifs. Il est recommandé de bien mélanger le compost au sol et d'éviter d'avoir une couche de compost isolée qui risque de déclencher une production de gaz nocifs en conditions anaérobiques.

Pour le cas spécial des cultures en billons sous serre (tomate, melon, poivron, etc.), on peut appliquer le compost de manière localisée en ligne ou en bandes.

• Doses d'application

30 tonnes/ha en sols sableux pour les grandes cultures (céréales, betterave sucrière, etc.) et 40 tonnes/ha pour les cultures maraîchères, une fois tous les deux ans.

10 tonnes/ha en sols plus argileux pour les grandes cultures (céréales, betterave sucrière, etc.) et 30 tonnes/ha pour les cultures maraîchères, une fois tous les deux ans.

50 à 80 tonnes/ha, tous les 2 à 3 ans, pour les plantations fruitières.

Ces doses permettent d'accroître les rendements de 30 à 150 % avec amélioration de la qualité des produits (exemple : augmentation de la teneur en protéines des céréales

Des doses intermédiaires sont recommandées pour les sols à texture équilibrée.

10-60 tonnes/ha pour les cultures florales.

100-200 tonnes/ha à la plantation et 20-40 tonnes/ha (apports fractionnés) pour les gazons.

• **Doses en pépinières de culture.** Adopter la proportion de 20% en volume dans les substrats de plantation ou 40 à 60 tonnes/ha.

• **Doses pour plantes ornementales et espaces verts (fleurs coupées, gazon, etc.).** 100 tonnes/ha, à la plantation et 20 tonnes/ha, tous les deux ans.

• **Doses pour pépinières forestières** Taux de compost dans le substrat : 25 à 35% en volume.

Attention ! Ces doses dépendront d'autres facteurs : histoire culturale, type de sol, système de culture, teneurs en métaux lourds, etc.

Encadré 5.3. Fourchette de doses d'application du compost pour différents types d'usage (OMS, 1985)

Type d'application	Dose (kg/m ²)
Céréales	2 - 10
Plantes racines consommables.....	5 - 25
Cultures florales.....	5 - 20
Terrains de pâturage	5 - 2
Vigne	5 - 30
Arboriculture fruitière.....	10 - 50
Cultures maraîchères (plein champ).....	10 - 50
Plantes ornementales.....	20 - 50
Pépinières.....	10 - 30
Jardins et espace verts.....	30 - 60
Terrains de sport.....	5 - 40

IV. AJUSTEMENT DES DOSES EN FONCTION DE LA TENUEUR METAUX LOURDS

Dans la pratique d'utilisation du compost de déchets ménagers et dans le cas où ces déchets contiendraient des métaux lourds même à des concentrations inférieures aux valeurs seuils, les doses à apporter doivent être calculées de telle manière à ne pas atteindre dans le sol les valeurs limites cumulatives (Tableau 5.2).

Il s'agit ici des principaux métaux lourds rencontrés généralement dans les

boues résiduaires et dans les composts urbains.

On peut déduire de ces normes que dans les sols de texture sableuse, ayant généralement une CEC faible, on tolère des valeurs cumulatives plus faibles que dans les sols plus argileux de CEC plus élevée et donc de capacité d'adsorption plus importante. Comme il est indiqué dans le titre du tableau 5.2, ces normes ne sont valables que dans les sols ayant un Ph supérieur à 6.5. En effet, la plupart des métaux lourds sont solubles et donc toxiques à PH acide. Lorsque le Ph est basique, la plupart de ces métaux

Tableau 5.2. Valeurs cumulatives limites pour les principaux métaux lourds applicables aux sols cultivés en fonction de la CEC (Capacité d'Echange Cationique exprimée en méq/100 g de sol) et pour des valeurs de ph du sol maintenues supérieures à 6,5 (d'après US-EPA, 1977)

Teneur maximale dans le sol (en kg/ha)			
Métal	CEC < 5	5 < CEC < 15	CEC > 15
Pb	560	1120	2240
Zn	280	560	1120
Cu	140	280	560
Ni	140	280	560
Cd	5	10	20

Encadré 5.4. Exemple de calcul du nombre d'années d'application du compost en fonction de sa teneur en métaux lourds

A titre d'exemple, si on considère les concentrations moyennes en Pb et en Zn évaluées respectivement à 250 et 940 mg/kg dans quelques composts de déchets ménagers au Maroc (Soudi, résultats non publiés), on peut faire les calculs suivants :

Pour un sol sableux, on peut appliquer une dose de 20 t/ha que pendant 12 ans et une doses de 40 tonnes/ha pendant 56 ans. Le même calcul, effectué pour le cas de Zn, montre qu'on ne peut appliquer la dose de 20 tonnes/ha que pendant une durée de 15 années. Il s'agit là d'un facteur limitant. On peut donc en déduire que le calcul doit se faire sur la base du métal lourd le plus concentré dans le compost.

précipitent et deviennent faiblement réactionnels.

Sur la base de ces directives, et considérant les teneurs en métaux lourds du compost utilisé, on peut facilement calculer la dose annuelle qu'on peut appliquer sur une durée de n années (encadré 5.4). Dans ce calcul, il est recommandé de tenir compte en priorité du métal lourd le plus concentré.

Toutefois, il conviendrait d'indiquer à ce niveau quelques facteurs d'atténuation :

- Les normes indiquées ont été adaptées essentiellement pour des sols à pH légèrement acides à neutres. Or la plupart des sols au Maroc, par exemple, ont un Ph légèrement alcalin à franchement alcalin.

- Les calculs sont relativement sévères puisqu'ils sont effectués sur la base des teneurs en métaux lourds exprimées par rapport au poids sec. Or le compost a toujours une teneur en eau minimale de 25%.

- Les calculs ne concernant pas la couche superficielle du sol. Si on considère un brassage de la couche du sol par un travail du sol profond, on

ramènera la concertation en métal dans le sol à des valeurs plus faibles. Toutefois, il y a lieu d'éviter l'accumulation dans le profil des sols pour minimiser le risque de pollution des eaux souterraines dans le cas d'un faible niveau piézométrique.

- Une autre pratique d'atténuation de ce problème consiste à composter les déchets ménagers avec des déchets verts agricoles, des bois de taille ou d'autres sous-produits agro-industriels (écumes de sucrerie, marc de raisin, grignon d'olives, etc.).

Dans le cas des déchets générés par les petites et moyennes communes, le problème de métaux lourds ne devrait pas être de grande ampleur. Aussi, la promotion du tri à la source réduirait de manière significative cette contamination métallique.

A ce propos, il convient de rappeler l'importance de la mise en place d'une unité de récupération des matières recyclables à côté de l'UTC.

V. COMMERCIALISATION DU COMPOST

L'existence d'un marché d'écoulement

du compost est une condition primordiale de l'opportunité d'un projet de compostage. Au Maroc et dans les pays semi-arides à arides où les déperditions de matière organique des sols sont élevées, le recours aux composts comme produit d'amendement organique se justifie pleinement.

Deux objectifs essentiels doivent guider la commercialisation du compost :

- Vente de la totalité du volume de compost produit.
- Optimisation du revenu et minimisation du coût.

Il n'existe pas de recettes permettant de réaliser ces objectifs.

Toutefois, un certain nombre d'éléments stratégiques importants s'avèrent nécessaires à adopter. Certains d'entre eux ont été développés par US-EPA (1995) :

* Elargir la liste des usagers potentiels dans la zone considérée en fonction des activités socio-économiques. La liste peut être assez large contrairement à ce que l'on peut imaginer :

- Exploitations agricoles.
- Sylviculture.
- Pépinières forestières et horticoles.
- Culture sous serre.
- Réhabilitation des sols dégradés.
- Espaces verts urbains ou péri-urbains.

Cette stratégie doit être complétée par les deux aspects suivants :

- Evaluer la demande totale d'un type de marché donné et confronter cette demande à la capacité de production.

- Evaluer les fluctuations saisonnières de la demande au sein d'une année pour planifier les possibilités de stockage à l'unité ou chez les gros acheteurs ou revendeurs.

* Garantir une qualité adéquate en fonction des usagers escomptés et en fonction du climat, du sol et des facteurs socio-économiques. Deux exemple peuvent démontrer l'importance de cet aspect de qualité :

- Exemple 1. Echec d'écoulement de compost grossier dans la région de Rabat - Salé d'une ancienne unité de traitement des ordures ménagères à cause de la présence de fractions

indésirables : verre et plastiques.

- Exemple 2. Inhibitions de croissance et de développement de plantes de pépinières à cause de la non- maturité du compost. En effet, un compost non mûr contient des substances intermédiaires (acides organiques et composés phénoliques précurseurs de l'humification) qui sont toxiques pour la germination et pour la croissance des jeunes plantules. Ainsi, si la maturité du compost n'est pas obligatoire pour l'arboriculture, elle le sera pour d'autres usagers comme dans le cas des pépinières ou des cultures sensibles.

* Confectionner un dépliant reprenant toutes les informations techniques du compost plus un rappel des avantages de ce produit. Ce dépliant peut également contenir une évaluation des gains générés par l'usage du compost (amélioration des propriétés des sols, économie des engrais minéraux, préservation de l'environnement).

* Garantir une stabilité de la composition et de la qualité du compost. S'assurer particulièrement de la teneur en métaux lourds pour qu'elle ne dépasse pas le seuil maximum (cf. Directives de qualité du compost).

* Prévoir une notice sur la composition du compost, les usagers potentiels, le mode d'emploi, les doses pour différents usagers, les conditions de stockage et les précautions à prendre. Cette notice doit accompagner le compost emballé dans des sacs. Aussi, l'étude de commercialisation du compost doit être réalisé avant, durant et après la réalisation de l'UTC.

* Préparer une fiche technique comprenant les directives de monitoring du compostage. Elle doit être élaborée en termes simples et distribuée aux agents de commune ou de gestionnaires des UTC après une session de formation.

* Promouvoir la recherche appliquée dans le domaine de valorisation du compost. En effet, cela permettrait de produire des instructions techniques et des directives spécifiques au contexte agro- pédo- climatique de la zone considérée.

VI. PRIX DU COMPOST

Le prix de compost fait partie intégrante de la commercialisation.

Les études de faisabilité conduites au Maroc ont montré que le compost, perfectionné dans les petites et moyennes communes à proximité des zones agricoles et de pépinières, peut être vendu à un prix allant de 70 Dirhams /tonne (7 \$ US) à 140 Dirhams/tonne (14 \$ US).

Des prix plus élevés peuvent être justifiés lorsque des essais de démonstration prouvent une haute valeur agronomique du compost avec un risque nul d'impact négatifs sur l'environnement et sur la qualité hygiénique du produit.

Le prix peut être modeste au départ et augmenté en fonction de la demande. Mais, un prix optimal permettant au moins de couvrir le coût de production est important à fixer. Les prix trop bas par rapport aux autres produits organiques commercialisés rend le compost moins attractif (psychologiquement) vis-à-vis des utilisateurs.

D'autres éléments stratégiques peuvent être adoptés :

- Offrir au moins deux types de produits (fin, grossier, compost mûr, compost semi- mûr,.....) à des prix variables et répondant aux besoins spécifiques des différents usages.

- En fonction de la qualité commandée par un seul acheteur, offrir des rabais optionnels pouvant être fixé en fonction du volume commandé.

- Une autre stratégie consiste à mettre en place des contrats avec les gros acheteurs. Ces contrats doivent stipuler les spécifications de qualité, le prix, les usages, le mode de livraison et la procédure de paiement.

Bien sûr, le prix du compost, comme tout autre produit, dépendra en grande partie de la loi de l'offre et de la demande.

Du point de vue environnemental, lorsqu'on considère que le compostage est une mesure de mitigation d'impacts négatifs des déchets ménagers sur le milieu récepteur et que les autres filières d'élimination sont généralement coûteuses ou non justifiées, on peut dire que le prix du compost doit être au moins égal aux frais occasionnés par sa production.

VII. CONDITIONNEMENT DU COMPOST

Le mode de conditionnement du compost est également lié à l'aspect commercialisation .

Le compost peut être vendu en vrac ou emballé dans des sacs de différents volumes. L'emballage améliore la présentation du produit, mais exige un investissement supplémentaire.

L'emballage en sacs de 80 litres peut être très adapté pour les pépinières et pour les plantes ornementales, mais exige un compost mûr et de bonne qualité.

VIII. ESSAIS AGRONOMIQUES

Les essais agronomique ont pour objectifs l'évaluation de :

- La valeur fertilisante du compost.

- L'impact sur les propriétés physico-chimiques des sols.

- La mobilisation des métaux lourds et la qualité alimentaire des produits.

Ces essais peuvent être menés sous serre, en pépinières et en plein champ. Des essais, appelés de démonstration, sont conduits chez un réseau d'agriculteurs de niveaux de performance contrastés. Ce type d'essais constitue un éléments important dans la stratégie de commercialisation du compost. En effet, comme on dit assez souvent :

"l'agriculture ne croit qu'à ce qu'il voit".

Les traitements, qui peuvent être adoptés dans les essais d'utilisation du compost, sont rapportés dans l'encadré 5.5.

Les dispositifs expérimentaux peuvent être de deux types :

• **Dispositifs scientifiques** de type complètement aléatoire (randomisation totale) avec trois répétitions : ces dispositifs permettent un dépouillement statistique des données et une comparaison des résultats des différents traitements. Ces essais peuvent être conduits sous serre, en pots de végétation et en plein champ.

• **Dispositifs simple chez des agriculteurs – pilotes** : une parcelle divisée en trois ou quatre sous- parcelles

Encadré 5.5 Traitements adoptés dans les essais agronomiques d'évaluation de la valeur du compost et de ses impacts

- *Traitement 1. Aucun apport*
- *Traitement 2. Apport des doses d'engrais minéraux recommandées pour la culture retenu pour les essais.*
- *Traitements 3. Doses croissantes de compost complétées avec des engrais minéraux sur la base de la valeur minérale du compost. les doses de compost peuvent être à titre indicatif comme suit : 5 t / ha ; 10 t / ha , 20 t / ha , 30 t/ha, 40 t/ha. Ces doses peuvent varier selon le type de sol et de la culture et à la récolte.*

Pour chaque traitement, un certain nombre d'analyses et de mesures sont effectuées avant le démarrage des essais, au cours du cycle de la culture et à la récolte.

Ces analyses et mesures concerneront :

- *La caractérisation physico - chimique des sols à l'état initial et à la récolte .*
- *La caractérisation physico - chimique du compost utilisé.*
- *La caractérisation des eaux d'irrigation .*
- *Les paramètres de croissance et de développement de la culture expérimentée .*
- *Le rendement de la culture .*
- *La mobilisation des éléments nutritifs par la culture.*
- *La mobilisation des métaux lourds par les différentes parties de la plante.*
- *Les teneurs en métaux lourds dans le sol amendés.*

D'autres essais peuvent être conduits dans des pots de pépinières pour le choix de proportions optimales entre une fraction minérale (pouzzolanes, perlite, etc.) et la fraction organique représentée par le compost.

Il conviendrait, dans certains essais, d'implanter des lysimètres pour examiner la percolation des nitrates au - delà de la zone racinaire. Ce type d'essais est très recommandé lorsque le sol est de texture sableuse et le niveau piézométrique de la nappe est faible.

Encadré 5.6. Exemple de traitements qu'on peut adopter dans des essais de démonstration chez les agriculteurs

- *T1 : 0 tonne de compost/ha*
- *T2 : 20 tonnes de compost/ha*
- *T3 : 0 tonne de compost / ha + fertilisation minérale recommandée sur la base du besoin de la plante, du rendement de la culture et d'analyses du sol*
- *T4 : 20 tonnes/ha + un complément d'engrais minéraux équivalent par exemple à la moitié des unités fertilisantes appliquées dans le cas du traitement T3.*

D'autres doses peuvent être testés selon la même procédure en fonction du type de sols et de la culture pratiquée.

sur lesquelles on applique les traitements qu'on désire tester. Ces essais- pilotes permettent aussi de valider les résultats issus des essais scientifiquement élaborés et des

pondérer en fonction du type de sols et de types de cultures.

Les traitements qui peuvent être adoptés dans ce type d'essais sont rapportés

dans l'encadré 5.6. Ces essais sont actuellement en cours de réalisation à l'IAV Hassan II.

D - MODALITES ET PROCEDURES DE MISE EN PLACE D'UN PROJET DE COMPOSTAGE

I. INTRODUCTION

La réussite de mise en place d'une unité de compostage exige un certain nombre de mesures préalables qui seront exposés dans ce chapitre :

- La démarche à adopter pour l'élaboration des projets de gestion des déchets ménagers incluant la technique de compostage. Pour cela, on se propose de s'inspirer de la démarche adoptée par l'ONG ENDA- Maghreb.

- Les éléments d'amélioration de cette démarche en adoptant la méthode de planification des projets par objectifs basée sur l'implication de toutes les parties concernées et à toutes les parties concernées et à toutes les phases du projet.

II. DEMARCHE ADOPTEE PAR ENDA- MAGHREB POUR LA MISE EN PLACE DES UTC

La démarche adoptée par ENDA-Maghreb, aussi bien pour les projets de mise en place des UTC que pour d'autres projets faisant partie de son champ d'intervention (environnement - actions de développement), est résumée dans le tableau 6.1.

Les trois phases correspondent respectivement aux procédures et à la chronologie d'intervention ATMS (Appui Technique et Méthodologie Solidaire).

Cette démarche est complétée par une fiche- questionnaire relative à la présélection d'un site d'implantation d'une UTC. Dans ce cas, le questionnaire comprend les principales rubriques suivantes :

- Présentation de l'institution concernée par le projet.
- Désignation du responsable de suivi.
- Contexte global de la zone concernée (démographie, infrastructures, climat, ressources en eau et en sols, activités socio-économiques, sites historiques et

archéologiques, état actuel des différentes composantes environnementales, approvisionnement en eau potable...)

- Potentialités du milieu.
- Contraintes environnementales et institutionnelles.
- Raisons de demande d'appui adressé à la cellule ATMS d'ENDA- Maghreb.
- Actions spécifiques attendues.
- Sources habituelles de financement.

Comme il est indiqué dans le tableau 6.1, d'autres documents- clés sont élaborés et approuvés : le Cahier de charge ou CPS et les Conventions de partenariat ou protocoles d'accord.

III. PROPOSITION D'AMELIORATION DE LA DEMARCHE

3.1. Implication de la population dans le processus de planification du projet

Faire participer la population et l'impliquer dans la gestion intégrée des déchets sont des éléments- clés de la réussite de projets dans ce domaine.

Un exemple concret vécu dans le projet en cours à Tiflet réside dans la gestion des conflits et des réticences de la collectivité ethnique (fraction des Mhatmi Aït Ali Oulahssen).

L'implication de la population dans le pourquoi et le comment de la gestion des déchets se fera selon un procédé de communication et d'information dans les deux sens.

Quand la population est intéressée par le projet de gestion des déchets de sa commune, elle demande à être aussi impliquée dans le processus de la prise de décision : elle devient sensibilisée à la réduction des nuisances. Cette démarche représente un cadre éducationnel concret et palpable.

3.2. Adoption de la méthode de planification des projets par objectifs (PPO)

L'application de cette méthode, basée sur l'approche participative, aux différents étapes du projet (depuis la conception jusqu'à l'exploitation), permet de :

- bien planifier le projet ;
- gérer les effets des facteurs externes ;
- produire des indicateurs de suivi-

Tableau 6.1. Démarche du cycle de projet technique (ENDA- Maghreb)

Phase I : Diagnostic / Identification	
Étapes	Résultats
I.1. Collecte d'informations générales (Questionnaire ATMS)	Base informative pour la suite de l'intervention
I.2. Analyse du questionnaire ATMS	Restitution de l'analyse et programmation d'une mission d'identification
I.3. Mission d'identification	Présentation du rapport de mission et programmation d'une étude de pré-faisabilité
I.4. Etude de pré-faisabilité	Rapport d'étude présentant plusieurs solutions alternatives
Résultat de la phase I : Descriptif précis de la problématique environnementale locale et choix d'une solution technique	
Phase II : Formulation et montage du projet	
Étapes	Résultats
II.1 Etude de faisabilité technique	Modalités techniques précises de mise en œuvre – cahier des prescriptions spéciales (CPS)
II.2 Etude de faisabilité financière	Prévisions budgétaires pour la maîtrise d'ouvrage et la gestion future
II.3 Formulation du projet	Fiche technique, dossier de recherche de financement complémentaire
Résultat de la phase II : dossier technique et économique complet, apte à la programmation des travaux et à la recherche de financements complémentaires	
Phase III : mise en œuvre et gestion expérimentale	
Étapes	Résultats
III.1 planification des travaux budget	Planning de maîtrise d'ouvrage et validé
III.2 suivi des travaux	Réalisation conforme au CPS
III.3 gestion expérimentale	Affinage des paramètres de gestion
III.4 formation du personnel	Ressources humaines locales compétentes
Résultat de la phase III : dispositif technique fonctionnel remis au demandeur – fin de l'intervention ATMS	

évaluation et d'impact ;
- garantir une viabilité et une durabilité du projet en impliquant tous les concernés (représentants du ministère de la santé, de l'environnement et de l'agriculture, ONG, associations, récupérateurs, représentants de la commune et de la population, usagers potentiels du compost, université locale, spécialistes, experts, etc.).

Cette manière de procéder peut renforcer la démarche adoptée par ENDA- Maghreb.

Les principales étapes analytiques de cette méthode PPO (méthode allemande appelée ZOOP adaptée de Logiciel Framework) sont succinctement exposées ci- après. Un animateur

spécialiste de l'approche participative et du PPO se chargera de la modération d'un atelier.

Ce dernier d'une durée minimale de trois jours traitera les différentes étapes analytiques rapportées succinctement ci- après

On tâchera de donner, à chaque fois, un exemple en relation avec la thématique relative à la gestion des déchets et à l'élaboration d'un projet de compostage.

3.2.1. Analyse des concernés

Cette analyse permettra de lister et regrouper en entités homogènes ceux qui sont concernés par le projet et d'identifier les craintes et attentes de

Tableau 6.2. Analyse des concernés (exemple fictif)

Concernés	Attente du projet	Craintes	Apport pour le projet
Commune	Protection de l'environnement couverture totale ou partielle du coût par vente de compost	Manque de soutien de la population conflit	Part de financement commandement et suivi des travaux Sensibilisation
Population locale propriétaire		Acquisition de terrain	Soutien et tri à la source
Concerné 3			
Concerné 4			
etc.			

chaque catégorie des concernés ainsi que leurs contributions successives à la réussite du projet. Ceci reviendra à remplir la matrice présentée dans le tableau 6.2.

3.2.2. Analyse et hiérarchisation des problèmes

Cette étape consistera à formuler (par brainstorming) un problème de départ ou problème central et en déduire les causes et les effets. Cette logique de cause à effet permettra de construire l'arbre des problèmes qui sont exprimé en termes négatifs.

L'exemple de l'arbre des problèmes (figure 6.1) permet d'illustrer les principaux problèmes liés à la gestion des déchets au niveau des petites et moyennes communes ainsi qu'au niveau des petits centres urbains. Il montre également les liens existant entre les problèmes central (ou problème de départ) et les effets qu'il occasionne.

3.2.3. Analyse et hiérarchisation des objectifs

Cette étape consiste à convertir la logique causes- effets dans l'arbre des problèmes à la logique moyens- fins pour la hiérarchisation des objectifs. La formulation des objectifs consiste à convertir, en modifiant si nécessaire, les problèmes en termes positifs exprimés au participe passé ainsi, on obtient l'arbre des objectifs relatif à l'exemple fictif (figure 6.2).

3.2.4. Analyse des alternatives

L'analyse des objectifs a permis de formuler l'objectif du projet " la gestion des déchets ménagers est maîtrisée ". Cet objectif n'est atteint que si les sous-

objectifs sont réalisés. Ces objectifs sont réalisés. Ces objectifs deviennent ainsi des résultats à atteindre pour pouvoir réaliser l'objectif du projet. Toutefois, comme il n'est pas possible de s'attaquer à l'ensemble des sous-objectifs formulés (Cf. Figure 6.2), il convient de faire un choix d'alternatives sur la base des critères de faisabilité en considérant le contexte socio-économique, l'enveloppe financière dont on peut disposer et l'impact sur l'environnement. Une analyse coûts avantage peut être adoptée lors de cette étape.

3.2.5. Formulation des résultats

Dans le cadre de l'exemple fictif, les sous- objectifs ou résultats à réaliser

pour atteindre l'objectif et qui sont choisis (à titre d'exemple) comme alternative sont :

- Résultat R1 : la collecte des déchets est maîtrisée .

- Résultat R2 : la décharge contrôlée pour les matières non compostables est mise en place.

- Résultat R3 : le recyclage des déchets par compostage et la valorisation du compost pour l'amélioration des sols agricoles sont opérationnels

3.2.6. Formulation des activités pour chaque résultat

Etant donné la thématique traitée dans le présent manuel, on se propose de lister les principales activités permettant d'atteindre le résultat R3. Pour l'exemple traité, les deux autres résultats sont obligatoires et le résultat R2 ne peut être atteint si le résultat R1 ne l'est pas. Ainsi, la liste des activités à réaliser pour atteindre le résultat R3 est comme suit :

- Activité 3.1. Identifier le but du projet de compostage.

- Activité 3.2. Identifier la nature du projet : tri à la source, tri à l'unité,

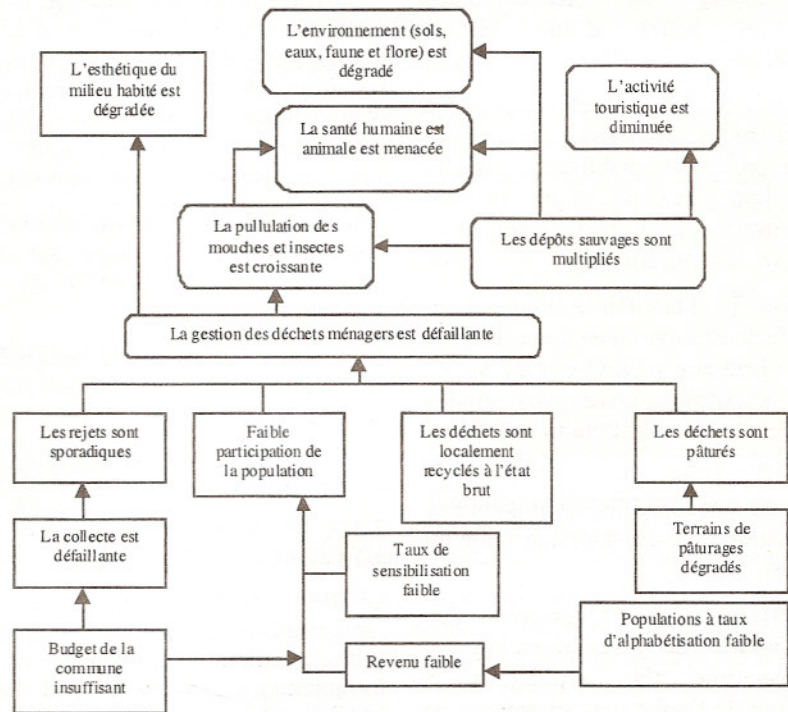


Figure 6.1. exemple fictif de la hiérarchie des problèmes

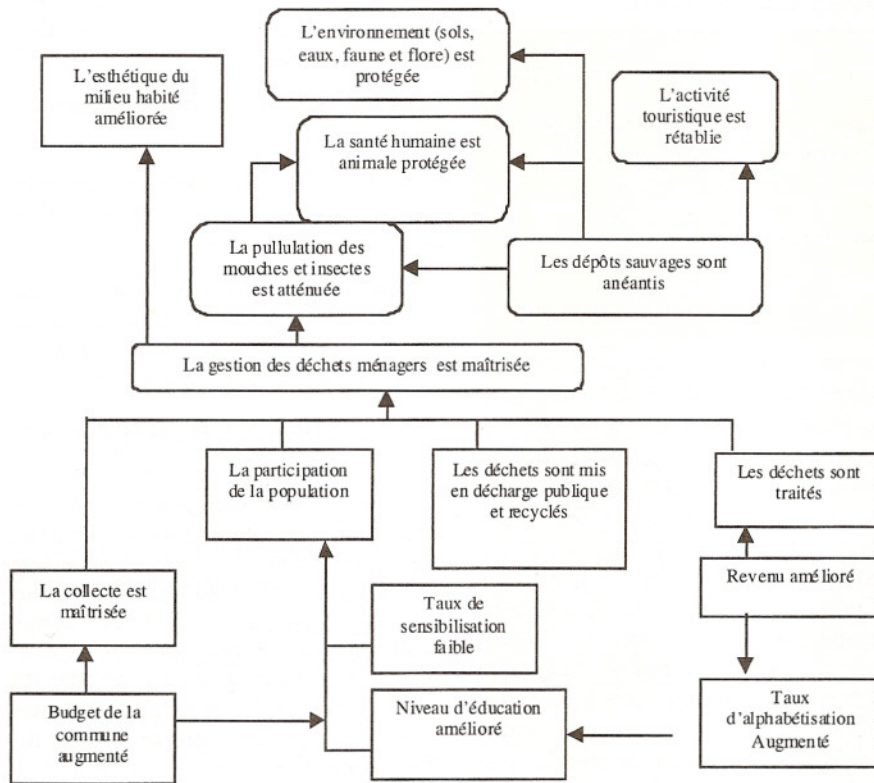


Figure 6.2. exemple fictif de la hiérarchie des objectifs

déchets ménagers ou déchets combinés avec les boues d'une station d'épuration.

- Activité 3.3. Rechercher des partenariats et des supports politiques pour le projet (acceptabilité, il s'agit là d'un bon exemple qui montre l'importance de l'étape réservée à l'analyse des concernés).

- Activité 3.4. Identifier le site potentiel et les facteurs environnementaux (cette activité peut être subdivisée en d'autres sous-activités relatives aux études spécifiques comme l'étude d'impact, etc.

- Activité 3.5. Identifier les possibilités d'utilisation et de commercialisation du compost.

- Activité 3.6. Organiser des programmes de sensibilisation et d'information (la population à proximité de l'unité peut exprimer une réticence à l'installation de l'unité de compostage).

- Activité 3.7. Identifier et quantifier les matières compostables et d'autres matières à co-composter avec la fraction des déchets ménagers compostables (une caractérisation préalable en tenant compte des variations saisonnières est primordiale).

- Activité 3.8. Evaluer la faisabilité des différentes filières de compostage et les opérations amont comme le tri à la source.

- Activité 3.9. Finaliser le budget final en considérant les financements extérieurs.

- Activité 3.11. Initier les opérations de compostage et de suivi.

3.2.7. Elaboration du schéma de planification du projet (SPP)

Le SPP consiste à remplir la matrice rapportée dans le tableau 6.3. En plus de l'identification du projet et la formulation de ses objectifs et de ses finalités (objectif global), on procède à la formulation de trois rubriques importantes : les indicateurs

objectivement vérifiables et les sources de vérification pour garantir le suivi et le contrôle de la réalisation ainsi que les "suppositions" qui mesurent le risque. En effet, certaines suppositions peuvent être fatales comme un conflit avec une collectivité ethnique, une réticence de la population ou un manque de support politique.

Cette approche de planification par PPO ou Logiciel Framework, basée sur la participation de tous les concernés, permet de :

- bien ficeler le projet en analysant les craintes et les attentes de toutes les parties et en formulant les résultats et activités avec leurs indicateurs objectivement vérifiables (IOV) permettant de mesurer leur degré de réalisation ; de fournir aux bailleurs de fonds une requête finalisée et émanant de toutes les parties concernées. Au stade de la requête du financement, on ajoute au SPP (Tableau 6.3.), un cadre estimatif des coûts de chaque activité.

Une fois le financement obtenu et la phase de projet arrêtée, on procède à un autre atelier d'actualisation de la planification. Immédiatement avant le démarrage du projet, on procède à l'élaboration du plan d'opération comme indiqué (à titre d'exemple) dans la matrice rapportée dans le tableau 6.4.

IV. CONSIDERATIONS COMPLEMENTAIRES

Le compostage des déchets ménagers a deux avantages complémentaires :

- Le recyclage des matières organiques et leur valorisation.
- L'assainissement.

Composter les déchets ménagers et les valoriser revient à modifier leur cours. Au lieu d'être déposés et disséminés dans les milieux naturels (forêts, cours d'eau, proximité de captage de l'eau potable, etc.), ils sont en grande partie déviés vers des usagers bénéfiques.

Ces usagers sont, le plus souvent, agricoles. Chacun des deux avantages précités de compostage a un poids relatif variable avec le contexte local et régional. Mais tous deux doivent être soigneusement pris en compte dans l'élaboration d'un projet de compostage. Sur le plan économique, trois études

Encadré 6.1. Etudes préalables à la mise en place d'une unité de compostage couplée à une décharge avec ou sans récupération

Etude d'opportunité

Cette étude consiste à diagnostiquer sur la base des données existantes et immédiatement disponibles si l'adoption de la technique de compostage a des chances d'aboutir dans le contexte considéré cette première phase permet d'aider à décider de l'opportunité d'engager les dépenses nécessaires à une étude plus importante. Cette étude débouche aussi sur la formulation de quelques scénarios. Cette présélection fera l'objet d'une étude détaillée de faisabilité.

Etude de pré-faisabilité

Cette étude reprend les options identifiées lors de l'étude d'opportunité et fait appel aux scénarios générés par l'étude de marché. Ainsi, les différents scénarios sont comparés entre deux et à une situation de gestion de déchets sous la filière de compostage et évalués économiquement. Cette étude se solde ainsi que par une pré-sélection des scénarios jugés les meilleurs qui feront l'objet de l'étude de faisabilité détaillée.

Etude de faisabilité détaillée

Cette étude permettra d'approfondir les composantes insuffisamment analysées et d'aboutir au choix du niveau technologique de compostage et des filières annexes (décharge contrôlée et recyclage). L'étude se termine par une analyse financière et l'élaboration des plans d'exécution.

II. DIRECTIVES ENVIRONNEMENTALES

1. Choix du site

Le choix du site est d'une importance capitale pour éviter des oppositions de la part de la population avoisinante à cause des odeurs éventuelles et pour que le projet soit conforme aux règles de protection de l'environnement et de préservation de la qualité des ressources naturelles.

Ce choix doit tenir compte des aspects suivants :

- Le risque de transfert de polluants vers les eaux de surface et les eaux

souterraines; le site doit être loin des eaux de surface et des captages de l'eau potable d'une distance d'au moins 500 m.

- La dissémination d'une masse microbienne ou de contaminants dans l'air par le biais de poussières et spores.
- La distance par rapport à la décharge contrôlée ou au centre d'enfouissement technique.
- Les antennes et pistes d'acheminement des déchets.
- Les conditions géotechniques.
- Les risques d'engorgement.
- La proximité des patrimoines historiques et archéologiques.
- Les possibilités d'extension du site.

- La proximité des captages d'eau potable.
- La distance par rapport aux lieux d'utilisation.

Pour ces raisons, il est fortement recommandé d'installer l'unité de compostage dans un site qui regroupe la décharge contrôlée et/ou une station d'épuration des eaux usées. Ceci a deux avantages :

- Le site ayant déjà fait l'objet d'études d'impact sur les voisinages en tenant compte de la direction des vents dominants et d'autres facteurs de proximité.

- Ce choix est en conformité avec le principe de gestion intégrée des déchets liquides et solides (recyclage et récupération des matières non compostables, décharge contrôlée pour le refus non compostable et non recyclable, co-compostage des déchets ménagers avec les résiduaux issues de stations d'épuration, etc.).

2. Aménagements préservateurs de l'environnement

Comme il a été énoncé auparavant, des aménagements supplémentaires intra-site ou périphériques s'avèrent nécessaires pour se prémunir d'un certain nombre d'effets indésirables :

- Les brises - vents pour atténuer le problème des odeurs et le pouvoir évaporateur.
- Une zone tampon autour de l'unité de compostage ou du complexe compostage- décharge.

Tableau 7.1 Inconvénients des filières d'incinération et d'enfouissement

Filière	Inconvénients
incinération	La teneur en eau élevée abaisse la température des fours et réduit la qualité de la combustion des déchets. Synthèse de produits hautement toxiques comme les Dioxines et les furannes.
Enfouissement non sécurisant	La fermentation en absence d'oxygène concourt à la production de biogaz nauséabond et explosif. Migration et accumulation du biogaz dans les environs Dommages à la santé et à la végétation Effet de serre Décomposition de la matière organique et acidification du milieu ce qui facilite la mobilisation des polluants métalliques
Enfouissement sécurisant	Exige des techniques de confinement complexes et onéreuses : imperméabilisation, traitement et recirculation des eaux de lixiviation, captage de biogaz, etc.

- Une étanchéité ou imperméabilisation de l'aire de fermentation pour éviter les infiltrations verticales des lixiviats et leur écoulement vers les eaux souterraines ; plusieurs schémas d'aménagement sont disponibles et assez connus en ingénierie de génie civil.

- Aménager l'aire de compostage en pente et avec des drains permettant la collection des lixiviats et leur écoulement vers un bassin réceptacle. Les eaux de lixiviats doivent être traitées comme des eaux usées ou évaporées. Leur recyclage sur les tas en compostage n'est pas recommandé à cause de leurs teneurs en germes pathogènes. Ce recyclage est surtout à éviter après la phase d'assainissement thermique.

Afin de montrer le danger environnemental des lixiviats, on se propose de rapporter dans le tableau 7.2 la composition chimique des lixiviats et des eaux de lessivage des ordures ménagères brutes. Les normes de rejets imposées aux lixiviats par AGHTM (1990) sont montrées dans le tableau 7.3.

Il est utile d'informer le lecteur que dans les unités modernes de compostage, on fait appel à des équipements sophistiqués pour répondre à des exigences environnementales plus strictes :

- Système de contrôle des poussières .
- Système de protection contre les incendies.
- Système de contrôle des odeurs.

III. DIRECTIVES SANITAIRES

Il faut que le compostage ne présente que de faibles risques, un certain nombre de précautions méritent d'être prises. En effet, dans une unité de compostage, l'impact des déchets sur la santé peut se manifester au moment de l'opération de tri qui occasionne un contact des ouvriers avec les déchets bruts et frais. Si des précautions ne sont pas prises, il y a un risque de maladies respiratoires, cutanées, de peau, parasitologiques et bactériennes.

Ainsi, les principales précautions à prendre sont les suivantes :

- Les ouvriers faisant le tri d'ordures doivent porter des masques, des gants, des bottes et des combinaisons.
- Après chaque opérations, les ouvriers

sont appelés à se laver les mains avec une eau javellisée.

- Si le compostage est mécanisé, des précautions doivent être prises pour éviter les projections de pierres ou d'autres matériaux solides ou tranchants au moment des retournements.

- Des incendies sont rares, mais peuvent surgir durant la phase thermophile si la teneur en eau est inférieure à 30% et les tas ont une hauteur supérieure à 2,5 m. La disponibilité d'une source d'eau à proximité répond aux besoins d'arrosage, mais aussi représente une mesure de sécurité.

Il est aussi important d'interdire l'accès aux animaux : le pâturage sur les déchets est une pratique assez courante dans les pays en développement.

En résumé, on peut dire que la technique elle-même du compostage en tant que processus ne présente aucun danger incontrôlable pour la santé ou pour l'environnement. Toutefois, le compostage requiert une gestion adéquate des eaux de lixiviation et des odeurs afin d'éviter les impacts sur l'environnement et surtout sur la qualité de vie du voisinage.

Tableau 7.2. Composition chimique des lixiviats des eaux de lessivage des ordures ménagères (a) en fermentation à l'unité de Traitement des Ordures Ménagères (UTOM) de Rabat/ Maroc et (b) de la décharge de Tanger (âge > 2 années)

Paramètre	..... Valeurs.....	
	(a)	(b)
ph	5	7,1
CE (MS/cm)	32,0	48
Autres caractéristiques exprimée en mg/l		
C organique	19218	4500
N total	2400	-
N- NH +4	380	1407
N- NO3	22,4	868
P-PO4	3,4	5,3
Cl-	10106	17750
Na+	2760	-
K+	6250	10257
Mg++	2280	905
Cd	2	0,4
Cu	10	2
Zn	75	12,5
Pb	30	1,8
Ni	4	Traces
Fe	1700	65
Mn	71	1,7

IV. DIRECTIVES EDUCATIONNELLES ET DE VULGARISATION

1. A l'amont

Comme il a été mentionné auparavant, l'implication de la population dans la gestion des déchets s'avère obligatoire. Pour cela, la population doit être à la fois sensibilisée aux impacts des déchets sur la santé et l'environnement et convaincue des bienfaits d'une gestion intégrée des déchets adaptées au contexte général du milieu.

Pour une bonne réussite des projets de couplage : compostage- recyclage- décharge contrôlée, la participation de la population à l'amont est d'un grand intérêt. En effet, les pratiques de réduction des déchets à la source comme le retour au couffin et l'utilisation rationnelle des sachets de plastique non biodégradables aideront à la réussite du compostage et à l'obtention d'un compost de grande valeur commerciale et utilisable sans aucun risque sur l'environnement et sur la santé humaine et animale. Aussi, si on réussit à instaurer le tri à la source, les trois composantes de gestion intégrée

Tableau 7.3. Normes de rejets imposées aux lixiviats des déchets
(d'après A.G.H.T.M., 1990)

Paramètres	Valeur limite
Température	<30°C
pH	6,5-8,5
Autres caractéristiques exprimées <i>en mg/l</i>	
MES	30
O2 dissous	3
DBO	120
DCO	120
Métaux lourds	15
Cr	0,1
Hg	0,1
Pb	1
Cu	1
Cd	1
Fe	2
CN	0,1
Phénols	0,5
Hydrocarbures	5
Sulfates	250
Nitrates	45

des déchets (récupération, compostage et décharge contrôlée) deviendront faciles à maîtriser.

2. A l'aval

L'intéressement des agriculteurs ou d'autres usagers de compost doit passer par les actions suivantes :

- Les essais de démonstration permettant de mettre en exergue la qualité du compost et sa valeur fertilisante.
- Une garantie de la stabilité de composition du compost..
- L'encadrement des agriculteurs par les services de vulgarisation agricole.
- L'organisation des journées " portes ouvertes " à l'UTC au profit des usagers du compost et des élèves des différents établissements scolaires.

V. DIRECTIVES DE SUIVI ET DE SURVEILLANCE

1. Phase de rodage

Durant la première année de mise en marche de l'unité de compostage, il est nécessaire d'étoffer les mesures de suivi aussi bien du processus de compostage que de la qualité du compost obtenu. Durant cette première année, une formation de l'agent technique responsable de l'unité et des ouvriers doit être assurée.

2. Essais agronomiques

L'implication des chercheurs dans l'élaboration des directives et des fiches techniques d'utilisation du compost à travers les essais agronomiques s'avérera d'une grande utilité.

3. Evaluation de l'impact sur la qualité des sols et des produits agricoles

Cette évaluation concerne aussi bien les impacts positifs (valeur fertilisante, amélioration des rendements agricoles, économique des engrais minéraux, amélioration de la qualité des sols) que des impacts négatifs qui peuvent

La photo 7.1 illustre la visite de l'UTC de Bab Lamrissa par des enseignants et jeunes écoliers.



concerner, dans certaines situations, la pollution métallique.

Pour cela, il est judicieux de procéder à un diagnostic périodique :

- Compost produit : ce diagnostic doit se faire en moyenne tous les quatre campagnes de compostage ou chaque fois que les déchets bruts ont subi une variation (livraison de déchets de nouveaux quartiers, nouveaux additifs, changement au niveau des opérations de monitoring, etc.)

- La qualité hygiénique et alimentaire des produits agricoles .

- La qualité des sols : les paramètres les plus importants qui subissent des modifications significatives à moyen et long terme est :

* la teneur totale et la fraction soluble des métaux lourds ;

* la stabilité des agrégats (indicateur de la structure du sol), le taux d'infiltration de l'eau dans les sols ;

* la capacité d'Echange Cationique qui traduit l'aptitude du sol à retenir les cations, la teneur en matière organique humifiée et particulièrement la teneur en substances humiques ;

* les teneurs en azote total, en phosphore et en potassium ;

* le pH

* la conductivité électrique qui traduit la salinité globale du sol.

Sur le plan méthodologique, ce diagnostic peut être fait sur un échantillon représentatif des exploitations agricoles utilisatrices du compost. Pour le cas d'échantillons de sols, il est recommandé de prélever des échantillons composites provenant de 6 points d'échantillonnages dans la parcelle qu'on désire diagnostiquer.

MEMOIRES DE FIN D'ETUDES POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT EN AGRONOMIE

(SPECIALITE : MACHINISME AGRICOLE)

M. DAOUDI¹, H. HABBOUS²

La revue "Homme, Terre et Eau" présente ci-après une partie de la série d'articles réservés à la présentation des mémoires de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en agronomie.

Les thèmes abordés dans les mémoires concernent les sciences et techniques du développement rural qui constituent le domaine de spécialisation de la revue.

Pour chaque mémoire les informations suivantes sont fournies :

- le titre
- l'auteur
- le centre de formation
- les résumés des mémoires établis par les auteurs et reproduits intégralement
- les mots clés
- la composition du jury
- le mois de soutenance

Les onze mémoires présentés concernent la spécialisation du machinisme agricole, dont le thèmes sont les suivants :

- Installation des entreprises agricoles de travaux à façon au Maroc
- Historique du développement de l'ensilage au Maroc et analyse des pratiques actuelles dans le Bour favorable
- La gestion de l'énergie électrique et l'impact de la maintenance sur la rationalisation de la gestion d'énergie
- Etude de la production et de la conservation par fenaison de la culture d'avoine dans la région d'AZROU – AIN LEUH
- Etude comparative de cinq modes de semis mécanique de la betterave sucrière MONOGERME dans le GHARB
- Evaluation technique et agronomique d'un prototype conçu pour le semis direct
- Traduction mécanique et animale dans l'agriculture marocaine
- Etude comparative des performances de quatre séquences techniques du travail du sol dans la région du GHARB
- Etude et réalisation d'une micro-centrale hybride : solaire & éolienne
- Procédures d'essai et d'évaluation de machines agricoles application à un lot de petits matériels
- Amélioration des techniques d'application des pesticides dans le traitement de la pomme de terre.

1- Ingénieur consultant en Génie Rural

2- Informatiste à la société D.M.I.C - Rabat

INSTALLATION DES ENTREPRISES AGRICOLES DE TRAVAUX A FAÇON AU MAROC

El Atiq ZEKRAOUI

Au Maroc, le développement de la mécanisation agricole se heurte à des contraintes traduites essentiellement par la dominance des petites exploitations, le morcellement élevé et les difficultés d'accès au crédit. De ce fait, les entreprises de travaux à façon peuvent assurer un service continu et de bonne qualité, intervenir à temps et garantir un encadrement adéquat des agriculteurs. Le désengagement de l'Etat de la prestation de service peut être remplacé par l'encouragement de la création de ces entreprises.

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'expérience marocaine en matière des entreprises de travaux à façon, d'étudier les possibilités de l'élargir et de déterminer les zones potentielles à l'installation de ces entreprises au Maroc.

La méthodologie adoptée consiste en bibliographie, enquêtes avec les jeunes promoteurs installés et en entretien avec quelques agriculteurs.

L'étude a mis en évidence la potentialité qui diffère d'une région à l'autre. Si le bour accuse un risque de la réussite d'installation des entreprises de travaux à façon, plusieurs périmètres irrigués sont prometteurs, notamment le Gharb et les Doukkala qui présente de grandes opportunités.

L'évaluation de l'expérience marocaine, relativement récente, en matière d'installation des entreprises de travaux à façon a montré que les entreprises qui s'élèvent jusqu'à présent à trois, adaptent la qualité de leurs services aux

tarifs de prestation pratiqués qui ne sont pas tellement rentables pour mener un service convenable. Outre cette adaptation de la qualité qui résulte en un coût d'utilisation du matériel agricole inférieur à celui théorique, une élévation raisonnable des pris est pratiquée par les entrepreneurs pour certaines opérations agricoles. Les agriculteurs sont, dans une grande mesure satisfaits des services de ces entreprises.

Dans certains pays étrangers telles que l'Italie, la France et l'Allemagne, l'expérience d'installation des entreprises de travaux à façon est très développée et organisée.

Pour le calcul du coût d'utilisation des matériels agricoles et en absence des formules propres aux conditions marocaines, nous avons adopté, parmi celles établies l'étranger les relations qui semblent plus ou moins appropriées, mais sans tenir en considération le facteur "actualisation". Le coût d'utilisation théorique de certains matériels dépasse largement les tarifs de prestation. Une baisse du taux d'intérêt des crédits et l'octroi des subventions peuvent améliorer le coût d'utilisation de 10 à 16 %.

HISTORIQUE DU DEVELOPPEMENT DE L'ENSILAGE AU MAROC ET ANALYSE DES PRATIQUES ACTUELLES DANS LE BOUR FAVORABLE

M. Adel CHARAF

L'évolution des effectifs des ruminants connaît des fluctuations importantes dues essentiellement aux conditions climatiques notamment la sécheresse. Ceci se répercute sur l'alimentation qui devient insuffisante aussi bien

qualitativement que quantitativement. La plupart de ces animaux subissent une sérieuse sous-nutrition pendant près de la moitié de l'année. Le passage vers des systèmes de production animale intensifs surtout en bour, impose la constitution de réserve alimentaire par ensilage des fourrages au sein des exploitations. La présente étude vient d'abord pour montrer le degré et l'importance qui a été accordé à l'ensilage pendant la période coloniale, ensuite dépister, localiser et caractériser les infrastructures des vestiges de conservation de fourrage par ensilage, puis diagnostiquer en étroite concertation avec les agriculteurs, les pratiques d'ensilage existantes au niveau des zones d'études, et enfin réaliser une analyse des chantiers d'ensilage tels que menés dans les exploitations retenues pour l'étude. Dans le bour favorable, particulièrement les zones de Casablanca, Khemisset, Benslimane et Rabat Salé on a pu recenser 42 exploitations qui conservent encore leur fourrage par ensilage. Ils ont au total un cheptel de 4 013 bovins et 13 139 ovins alimentés par une superficie fourragère de 2 043 ha. L'ensilage est une opération mécanisée, les agriculteurs adoptant cette technique possèdent au minimum un tracteur. Le parc total des facteurs est de 141, leur puissance est répartie selon la tâche effectuée. Ainsi, les tracteurs de moyenne puissance (60 à 80 CV) sont affectés à la traction des ensileuses et au tassement. Ceux de petites puissances sont utilisés pour le transport. 20 ensileuses sont recensées, les marques les plus utilisées sont Omar et Taarup. 109 remorques ont été impliquées dans les opérations et 59% des exploitations en possèdent au minimum deux. L'enquête a révélé la présence de 41 silos couloirs, 65 silos tranchés et 23 silos taupinières, leur

JURY		
Président	M. K. BENOUNA	(ORMVAG)
Rapporteur	Pr. K. HOUMY	(I.A.V Hassan II)
Rapporteur	Dr. E.H. BAALI	(I.A.V Hassan II)
Examineur	Dr. A. BAHRI	(INRA/Settat)
Examineur	Pr. A. BEN ABDELLAH	(I.A.V Hassan II)
Examineur	M.S. BOUCHAARA	(CNCA)
sep-98		

JURY		
Président	Mr. A. OULAHPOUB	(D.E.R.D.)
Rapporteur	Pr. B. EL HIMDY	(I.A.V Hassan II)
Examineur	Pr. K. HOUMY	(INRA/Settat)
Examineur	Mr. A. EL HOUSNY	(I.N.R.A.)
sep-98		

capacité moyenne est de 200, 275 et 210 m³ respectivement. Cinquante cinq pour cent (55 %) des agriculteurs qui

utilisent des additifs les incorporent au fourrage à raison de 3,77 Kg/tonnes de matière fraîche pour le sel, 6,78 Kg/T.m.f pour la mélasse, 3,78 Kg/T.m.f. pour l'urée et 2,97 Kg/T.m.f. pour l'ammonitrate. Lors de cette campagne 1997-98, dix sept (17) exploitations ont réalisé l'ensilage en printemps. La superficie ensilée est de 268,5 ha stocké dans 32 silos. Les cultures ensilées sont dominées par les céréales d'automne et celles à base d'avoine. Elles ont été récoltées généralement au stade laiteux. Quatorze ensileuses ont été utilisées dans les chantiers d'ensilage (97-98). Le temps de remplissage d'un silo varie de 2 à

8 jours, cette grande variation est liée plusieurs facteurs (la superficie ensilée, débit des ensileuses, capacité des remorques, les temps morts, la vitesse de transport, technique de déchargement et technique de tassement). Enfin la fermeture des silos est traitée avec beaucoup de soin. Les agriculteurs appliquent une bâche en plastique soit directement sur le fourrage ou intercalée par une couche de paille. Par la suite le plastique est recouvert d'une couche de terre d'environ 20 à 30 cm d'épaisseur.

Mots clés : ensilage / matériel / bours favorable / fourrage / Maroc.

constitue un souci majeur pour le pompage d'eau d'irrigation. Deux contraintes compliquent cette gestion : la structure des systèmes tarifaires, l'imprévision et l'irrégularité climatique.

Les systèmes de tarification - principalement le Tarif MT4 - au lieu qu'ils soient conçus pour atténuer l'effet des aléas climatique, ils contribuent avec ceux-ci à la majoration de la facturation de l'énergie électrique. En effet le Tarif agricole est jugé :

Imparfait, concernant le choix de l'option tarifaire rationnelle (les pertes peuvent atteindre jusqu'à 10,85% et 11,75% respectivement pour les Tarifs MT4 et VERT).

Ambiguë - Tarif MT4 - concernant la facturation de puissance souscrite et dépassée.

D'où la proposition d'une nouvelle structure tarifaire (MT2x3), (2 options tarifaires saisonnières, et 3 postes horaires), en modifiant le mode de calcul de la facturation des puissances souscrites et/ou appelées.

En outre un model d'optimisation de la souscription de puissance et le choix de l'option tarifaire est présenté, et appliqué pour le cas de la station "1er étage - ORMVAM". Les résultats confirment que le Tarif VERT et également le Tarif MTG sont indésirables devant le Tarif MT4.

Quant à l'impact de la gestion de la maintenance sur la performance technique des stations de pompage l'O.R.M.V.A.M. - comme la majorité des ORMVA nationaux - a connu une amélioration considérable en modifiant la stratégie de la gestion de maintenance (dans le cadre de PAGI II), en attrapant, de ce fait, le décalage technologique par la mise en œuvre d'un système de

Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur (GMAO), et la réhabilitation des stations. L'impact de cette amélioration est concrétisé par l'évaluation et le suivi de la consommation spécifique, dont le ratio moyen, pour l'ensemble des stations de la MOULOUYA, a diminué de 0,004 à 0,003 kWh/m³/m (année 97/98). Toutefois la réhabilitation de 4 stations (4ème étage, 2ème étage, SP II, et B5) est insuffisante, puisque leurs ratios de la consommation spécifique reste nettement au-dessus de 0,004 kWh/m³/H.

Mots clés :

- Stations de pompage, tarification électrique, conception de facturation, optimisation.
- Maintenance, gestion, stations de pompage, performance technique.

ETUDE DE LA PRODUCTION ET DE LA CONSERVATION PAR FENAISSON DE LA CULTURE D'AVOINE DANS LA REGION D'AZROU - AIN LEUH

Mr. CHARIFI Sidi Mohamed

Le but de ce présent travail est l'étude des techniques de production et de la conservation par fenaison des cultures à base d'avoine dans la région d'Azrou-Ain Leuh ; la démarche suivie comprend trois parties :

- Une enquête auprès des agriculteurs au nombre de 100.
- Un suivi agro-technique de 15 chantiers de fenaison d'avoine.
- Une enquête auprès des entrepreneurs de matériel de récolte de foin.

L'enquête auprès des agriculteurs a permis de relever l'importance des fourrages dans l'assolement avec 15,6%

LA GESTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE ET L'IMPACT DE LA MAINTENANCE SUR LA RATIONALISATION DE LA GESTION D'ENERGIE

(cas du périmètre de la Moulouya)

Mr. Mimoune BENTAHA

La gestion de l'énergie électrique (MT),

JURY		
Président	Mr. A. MOULID	(ORMVAL)
Rapporteur	Pr. A. RAMDANI	(I.A.V Hassan II)
Rapporteur	Mr. E. BAALI	(I.A.V Hassan II)
Examineur	Mr. L. KHAJOUR	(AGR)
Examineur	Mme. N. GOURROUM	(AGR)
Examineur	Mme. K. SERRAR	(ORMVAM)
Examineur	Pr. A. EZBAKHIE	(EMI)
sep-98		

JURY		
Président	Pr. S.B..RZOZI	(I.A.V Hassan II)
Rapporteur	Pr. B. EL HIMDY	(I.A.V Hassan II)
Examineur	Mr. C. AL FAIZ	(INRA, Rabat)
Examineur	Pr. K. HOUMY	(I.A.V Hassan II)
sep-98		

de la SAU après les céréales (51%) et la jachère (21%). La sole fourragère est constituée essentiellement par l'avoine (83,2%) qui est conservée en quasi-totalité sous forme de foin.

Le diagnostic des techniques de production montre la dominance de l'utilisation des semences d'origine locale (87%) et l'absence des semences sélectionnées adaptées, les doses pratiquées sont très élevées et dépassent 150 kg/ha dans 88,8% des cas. L'utilisation des engrais est généralisée, alors que l'apport des fumures organiques est limité aux parcelles déprimées ; l'exploitation par déprimage est rencontrée dans 27% des cas.

Concernant la fenaison, le stade de coupe le plus pratiqué est le stade laiteux-pâteux avec 58% des cas ; les trains techniques sont manuels dans 58% des cas et mécanisés dans 42% des cas. Le recours aux entrepreneurs de matériel de fenaison est rencontré dans 85% des cas. Le suivi des chantiers de fenaison a relevé que le rendement moyen qui est de 6 TMS/ha est inférieur aux potentialités de la région ; que les durées de séchage sont très variables allant de 3 à 17 j ; et que des pertes de récolte sont élevées allant de 23% à 32%.

Les principales contraintes à la mécanisation et aux bons rendements du chantier sont :

- Le morcellement élevé des parcelles (< 1 ha dans 56,25 % des cas).
- Une pierosité élevée induisant la fréquence des pannes et des pertes à la coupe élevées.

L'enquête auprès des entrepreneurs de matériel de fenaison nous a permis de dégager les remarques suivantes :

- Un degré d'équipement d'entrepreneurs en matériel de fenaison qui est variable. Les niveaux des déplacements et leurs temps sont d'ampleurs différentes selon

le degré de spécialisation en travail d'entreprise.

- Les déplacements sont généralement mal contrôlés dans le temps, entraînant des retards pour la coupe au stade optimum et des durées de séchage au champ qui sont longues.
- Les coûts des opérations de récolte de foin sont variables et sont plus élevés dans les zones éloignées et dans le cas des parcelles de petite taille ou à terrain accidenté.

ETUDE COMPARATIVE DE CINQ MODES DE SEMIS MECANIQUE DE LA BETTERAVE SUCRIERE MONOGERME DANS LE GHARB

Mr. JAOUHAR Khalid

Le présent étude avait pour objectif de comparer cinq modes de semis mécanique de la betterave à sucre monogerme. Ces modes ont été constitués par les semis : à plat, sur billon et sur planche avec les billonneurs placés soit devant ou derrière le semoir. Les paramètres étudiés ont concerné l'influence des différents modes de semis sur les paramètres suivants :

- Les caractéristiques physiques du sol avec comme critères de comparaison, l'humidité pondérale, la densité apparente, la résistance mécanique à la pénétration, et la distribution des agrégats du sol.
 - Les performances du semoir, en prenant comme critères de comparaison la profondeur de semis, la distribution linéaire des semences, et la forme ainsi que les dimensions des billons et planches formés.
 - Les composantes du rendement en analysant la levée, le peuplement, le rendement en racines, la teneur en sucre, et les dimensions des racines.
- Les principaux résultats obtenus se résument comme suit:

- La faisabilité des modes de semis mécanique sur billon et sur planche avec les billonneurs placés devant ou derrière le semoir a été démontrée.

- Les quatre modes de semis facilitent l'irrigation gravitaire et le drainage superficiel. Cependant, les billons et les planches formés nécessitent une irrigation à faible débit.

- Le semis sur billon avec les billonneurs placés en arrière a présenté un taux de levée relativement faible comparativement aux autres modes de semis. Ceci est probablement lié à l'augmentation de la profondeur de semis qui est due au rejet de terre par les billonneurs sur la ligne de semis.

- L'utilisation des semoirs billonneurs avec un réglage adéquat peut contribuer à l'épanouissement de l'utilisation de la semence monogerme.

- Les rendements et les teneurs en sucre réalisés pour les différents traitements ont tous été satisfaisants et ne présentent aucune différences statistiques entre eux.

EVALUATION TECHNIQUE ET AGRONOMIQUE D'UN PROTOTYPE CONÇU POUR LE SEMIS DIRECT

Mr. AISSAOUI Zakaria

Le présent travail a pour objectif l'évaluation d'un prototype pour le semis direct, fabriqué au Département de Machinisme Agricole à l'IAV Hassan II, en vue de tester le comportement de son système dans plusieurs types de sols à l'état secs, et d'améliorer son mode de fonctionnement.

La partie bibliographique a traité des généralités sur le semis direct, elle contient aussi un aperçu global sur les caractéristiques des semoirs direct, et sur les difficultés techniques et agronomiques de leur application.

JURY		
Président	Mr. LOUAH	(S.U.N.A.G.)
Membre	Mr. L. HADDADI	(A.P.P.S.G.)
Membre	Pr. S.B. RZOZI	(I.A.V Hassan II)
Membre	Pr. B. EL HIMDY	(I.A.V Hassan II)
Encadrant	Pr. C. JENANE	(I.A.V Hassan II)
sep-98		

JURY		
Président	Mr. L. AZLAL	(D.E.R.D/M.A.D.R.P.M)
Membre	Pr. M. OUSSIBLE	(D.A.A.P/IAV Hassan II)
Rapporteur	Pr. E.H. BOURARACH	(D.M.A/I.A.V Hassan II)
déc-98		

La deuxième partie a consisté en la réalisation de deux types d'essais :

- Essais du prototype au laboratoire, dans le but d'étudier son système de distribution.

- Essais au champ, conduits pour tester les performances agronomiques du semoir, durant lesquelles des paramètres concernant la pénétration du système d'enterrage, la qualité du lit de semences, la profondeur de semis et la levée, ont été mesurés. Ceci a travers des essais réalisées à trois endroits différents :

- Essai au Gharb pour caractériser le fonctionnement des organes du semoir et sa qualité du travail. L'essai a été réalisé sur un sol limono - argileux, très sec avec une humidité pondérale moyenne de 0,06 kg/kg.

- Essai Oulja et Essai IAV pour évaluer les performances du semoir au niveau de la pénétration dans les conditions de la dureté du sol les plus extrêmes. Dans l'essai Oulja le sol est très sec et cohérent, il est composé de 47,5% de limon, 43% de sable et de 9,5% d'argile avec une énergie de pénétration élevée (400 N.m pour une profondeur de 8,5 cm), alors qu'il est du type sableux dans l'essai IAV avec 10 % d'argile, et d'une faible énergie de pénétration (100 joules pour une profondeur de 23 cm).

Au terme de ce travail, il s'est avéré que dans un sol aussi cohérent que celui du site d'Oulja, la pénétration du système d'enterrage est très faible et ne permet ni de traiter les résidus convenablement, ni de réaliser un bon semis. Alors que dans les essais Gharb et IAV, il y a eu une bonne pénétration du système d'enterrage qui a conduit à la réalisation d'un bon lit de semences. La levée mesurée dans l'essai Gharb était satisfaisante avec un nombre de pieds de 268 pieds/m dans le passage parallèle aux sillons, et 224 pieds/m dans le passage perpendiculaire aux sillons. La

profondeur de semis moyenne est de 27 mm dans l'essai Gharb et de 30 mm dans l'essai IAV, sa variation est faible et acceptable, elle est de l'ordre de 5.5% dans le passage parallèle aux sillons, et de l'ordre de 13.7 dans le sillon et 9.5% dans l'ados du passage perpendiculaire aux sillons.

Enfin, parmi les principales modifications proposées à l'issue de ce travail, on retient :

- Réaliser un étalonnage des deux leviers de réglage de la dose de semis et de celle des engrais.

- Déplacer la roue tasseuse par rapport au parallélogramme de 2.5 cm vers le haut.

- Remplacer les jantes de la roue avec des jantes fermées latéralement.

Mots clés : Semis direct, semoir direct, évaluation d'un semoir, semis en conditions sèches

TRACTION MECANIQUE ET ANIMALE DANS L'AGRICULTURE MAROCAINE

Melle. Mounia BOUTAA

Le secteur agricole au Maroc a été constamment hissé au niveau des grandes priorités dans la politique de développement économique et social du pays. Toutefois, malgré les efforts déployés pour son développement, il souffre de plusieurs problèmes tels que l'insuffisance des moyens de traction et leur utilisation inadéquate.

La présente étude se donne les objectifs suivants :

- 1) Evaluer Les moyens de traction animale et mécanique
- 2) Analyser l'évolution et les perspectives de développement de ces énergies dans le contexte particulier du secteur agricole marocain.

La base de données ayant servi à cette

étude provient de plusieurs sources qui ont permis d'évaluer chaque type d'énergie séparément, et de dégager leurs interactions. L'évaluation de l'énergie mécanique, utilisée comme force de traction dans le domaine agricole, a permis de dégager l'insuffisance du parc matériel. L'estimation des besoins, principalement en tracteurs et moissonneuses batteuses, nous a conduit à l'élaboration d'une stratégie portant sur une période de 20 ans des ventes annuelles requises pour combler les besoins en matériel agricole.

L'analyse de la situation de la traction animale a également mis en relief l'importance de cette énergie de traction. Toutefois, elle souffre de deux obstacles :

- La faiblesse des performances des animaux de trait.
- La non-diversification du matériel à traction animale.

Cependant, l'analyse comparative des deux types d'énergie de traction, confirme l'importance de la traction animale et le rôle complémentaire qu'elle peut jouer dans de multiples situations, où l'utilisation de la motorisation se heurte à de nombreuses contraintes.

Mots clés : Traction, mécanique, mécanisation, Tracteur, Animaux de trait.

ETUDE COMPARATIVE DES PERFORMANCES DE QUATRE SEQUENCES TECHNIQUES DU TRAVAIL DU SOL DANS LA REGION DU GHARB

Mr. Mohamed BENHSINAT

Le présent travail s'attelle à l'étude de quatre itinéraires de travail du sol dans un sol limono - argileux du Gharb, travaillé à sec juste après la récolte. L'étude s'articule autour des

JURY		
Président	Pr. Karim HOUMY	IAV Hassan II
Examineur	Mr. Noureddine BOUABID	MADRPM
Examineur	Mr. Mohamed EL BAGGARI	IAV Hassan II
Examineur	Mr. Ahmed HMIDOUCH	IAV Hassan II
Examineur	Mr. Elmakki HAMOUTOU	MADRPM
Rapporteur	Pr. Chakib JENANE	IAV Hassan II

JURY		
Président	Pr. M. OUSSIBLE	IAV Hassan II
Encadrant	Pr. As. B. BOUZRARI	IAV Hassan II
Co-encadrant	Pr. E H. BOURARACH	IAV Hassan II
Examineur	Pr. A. HAMOUDA	IAV Hassan II
Examineur	Mr. N. BOUABID	MADRPM
déc-99		

performances du chantier du travail du sol pour chaque itinéraire : (temps des travaux, émiettement et enfouissement) et sur les performances du matériel utilisé (consommation en carburant, effort de traction et puissance).

L'étude est divisée en trois grandes parties:

- Une étude bibliographique rassemblant les éléments nécessaires à la compréhension des phénomènes physiques qui se produisent lors d'un travail du sol.

- Une deuxième partie consacrée aux matériels et méthodes d'approches adoptés pour atteindre les objectifs souhaités.

- Et une troisième partie consacrée à l'analyse des résultats de l'expérimentation et traitent les aspects suivants :

- D'abord, l'aspect performance du chantier : consacré à la caractérisation de l'émiettement et de l'enfouissement occasionnés par les successions d'outils (charrue à disques suivis de deux passages du cover-crop, charrue à socs suivis d'un passage du cover-crop ; stubble-plow suivis de deux passages du cover-crop et chisel suivis de deux passages du cover-crop) à sec et à résistance mécanique à la pénétration très élevée. La caractérisation de l'émiettement se fait à l'aide des paramètres suivants : Diamètres moyens pondérés, indice de finesse, indice d'émiettement, surface spécifique et enfouissement des résidus végétaux.

- Ensuite, l'étude des performances du chantier de points de vue temps de travail qui traite le temps de tournière, le temps de travail effectif, le temps de réglage, le temps d'attelage et le temps de dételage. Ces temps nous permettent de calculer l'efficacité et l'efficience effectives au champ.

- Finalement, l'étude des performances

du matériel qui traite les besoins en carburant des successions d'outil, leur besoins en force de traction, en puissances et en énergie ainsi que le calcul des pertes de puissance par glissement et par roulement par enfin aboutir à l'efficacité en traction de chaque outil.

L'analyse des résultats nous permet de conclure que :

- Le meilleur émiettement est permis par l'itinéraire chisel suivis de deux passages du cover-crop.

- La meilleure économie d'énergie est permise par l'itinéraire chisel suivis de deux passages

- du cover-crop.

- Les itinéraires composés de charrues donnent un labour motteux et occasionnent des consommations en carburant et des exigences en énergie très élevés.

- d'autres travaux dans ce sens peuvent renforcer le jugement correspondant aux choix des outils du travail du sol procède au suivis de la culture jusqu'à la récolte.

Mots clés : Travail du sol ; Energie ; Emiettement.

ETUDE ET REALISATION D'UNE MICRO-CENTRALE HYBRIDE : SOLAIRE & EOLIENNE

(cas de l'éclairage public de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II) Rabat

Mr. Bentaleb ECH-CHEGRI

Dans un souci d'économie d'énergie et de sauvegarde de son environnement, l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II a lancé un vaste programme visant la prise en charge progressive de son éclairage public par des énergies renouvelables. Cette initiative qui

consiste à coupler l'énergie solaire et éolienne, s'inscrit dans les efforts de l'IAV à promouvoir la recherche dans ce domaine qui sans aucun doute, constitue une source prometteuse d'énergie pour le prochain millénaire, surtout dans le domaine d'électrification décentralisée.

Cette étude présente, après une brève revue bibliographique, la méthode de calcul proposée pour le calcul d'un système hybride (solaire et éolienne), puis les résultats de dimensionnement et de réalisation, enfin le suivi de fonctionnement de ce système.

Pour le calcul de cette micro-centrale, nous avons proposé une méthode qui se base sur l'évaluation des potentiels disponibles. Son application a montré que, d'une part, la fraction d'énergie solaire, dans le potentiel total est de l'ordre de 80%, d'autre part, la consommation journalière du site est de l'ordre de 17,5 kWh/J.

La réalisation et le suivi de fonctionnement du projet ont révélé que:

- La puissance nominale installée est de 2,5 kw (1,5 kw solaire et 1 kw éolien) ;

- La quantité d'énergie récupérée par jour pendant la période de mesure est d'environ 10 kWh/J ;

- Le système de stockage consomme une part importante de l'investissement total, de l'ordre de 25% du coût total ;

- Le coût d'un kWh produit est de l'ordre de 8,2 DH ;

- L'investissement dans une éolienne pour la production d'énergie électrique n'est pas assez rentable dans le site d'étude ;

- La possibilité d'injection dans le réseau est une solution adéquate pour réduire le coût des telles installations, le kWh revient alors à moins de 4,37 DH au lieu de 8,2 DH, puisque, le rendement des panneaux photovoltaïques passera à 15% et le coût de système de stockage est éliminé. C'est pourquoi une étude dans ce but doit être faite en collaboration avec les organismes considérés pour offrir cette possibilité.

Mots clés : énergie renouvelable, hybride, éolienne, solaire, micro-centrale, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II.

JURY

Président	Pr. Abdellah RAMDANI	IAV Hassan II
Rapporteur	Pr. Abdeslam DAHMAN SAÏDI	IAV Hassan II
Examineur	Mr. Ahmed EL FAKIRI	REDAL
Examineur	Mr. Ahmed EL KHADIMI	INPT
Examineur	Mr. Daoud EL MELLALI	D.E.R.(ONE)
Examineur	Mr. Faouzi SENHAJI	IAV Hassan II
Examineur	Mr. Mohamed BERDAI	CDER

17-sep-99

PROCEDURES D'ESSAI ET D'EVALUATION DE MACHINES AGRICOLES APPLICATION A UN LOT DE PETITS MATERIELS

Mr. Mustapha BEN HAMMOU

Le présent travail est consacré à une étude sur les procédures et les méthodes d'essais pour évaluer les performances du matériel agricole. Elle comprend les parties suivantes :

- Une étude théorique sur l'importance des essais dans le développement de la mécanisation. Cette partie met en évidence les concepts et les différentes approches utilisées en matière d'essais et d'évaluations pour protéger l'utilisateur. Elle comprend aussi des données sur la mise en place d'une structure pour la conduite des essais en vue de produire les informations nécessaires à l'agriculteur pour l'investissement en mécanisation agricole.

- Une description des appareils et des méthodes courantes pour la mesure et l'enregistrement des grandeurs physiques mises en jeu au cours du fonctionnement des machines agricoles. Cette partie comprend également un recueil des codes d'essais émanant principalement d'organisations reconnues au plan international (ISO, RNAM, FAO,...).

Une application des procédures et des méthodes d'essais établis à l'évaluation d'un lot de petits matériels composé d'une charrue monosoc à claire voie,

d'un rototiller, d'une bineuse tractés par un motoculteur, d'un semoir manuel de précision et d'un pulvérisateur à dot à jet projeté. Par des essais au laboratoire et au champ il a été possible de déterminer certaines performances et de faire des observations sur le fonctionnement et la conception des machine en question.

DES TECHNIQUES D'APPLICATION DES PESTICIDES DANS LE TRAITEMENT DE LA POMME DE TERRE

(Périmètre irriguée de Moulouya)

Melle Milouda MAHIOUI

Cette étude est réalisée dans le but de réduire la dose de bouillie appliquée sur la culture de pomme de terre, de renforcer l'encadrement en matière d'utilisation des produits phytosanitaires et du choix du matériel le mieux approprié.

Pour ce faire, une enquête menée dans la région de la Basse Moulouya, auprès des agriculteurs, nous a permis de conclure que le système de traitement classique (pulvérisateur à jet projeté avec une buse de 2.5 mm) est le plus pratiqué. La dose de bouillie appliquée par hectare varie de 1000 à 1500L. Le pulvérisateur pneumatique à dos est utilisé dans les petites exploitations (chez 15% agriculteurs enquêtés).

L'étude expérimentale est entreprise

avec trois systèmes de traitements : le pulvérisateur à jet projeté classique, le pulvérisateur à jet projeté avec deux buses variables (1.2 mm et 1.8 mm) et le pulvérisateur pneumatique à dos, afin d'évaluer l'effet de la réduction du volume de bouillie à l'hectare sur le contrôle de mildiou (*Phytophthora infestans*) et certains insectes.

La conduite du calendrier des traitements fongicides est basée d'une part sur l'enregistrement des données climatiques et d'autre part sur le calendrier de traitement d'un agriculteur avoisinant.

Le réglage du volume de la bouillie en fonction du volume effectif du feuillage selon les stades phénologiques, avec un pulvérisateur approprié a permis d'obtenir des résultats satisfaisant sur le plan agronomique et économique. En effet l'évolution de la maladie n'a pas enregistré de grandes variations suivant les trois matériels, pourtant, le coût de revient d'utilisation des pesticides avec le système pneumatique à dos est beaucoup plus avantageux comparé au système classique. En effet, un gain de 3321,8 dh/ha a été obtenu, quant au système testé (deux buses différentes) offre un gain de 2006.6 dh/ha.

Mots clés : Traitement phytosanitaire de la pomme de terre, matériels, rationalisation d'utilisation des pesticides, réduction de la dose de bouillie, optimisation du coût.

JURY		
Président	Mr. A. BEN YASSIN	(MADRPM)
Rapporteur	Pr. C. JENANIE	IAV Hassan II
Examineur	Mr. A. DAHANI	(COMICOM)
Examineur	Pr. K. HOUMY	IAV Hassan II
Examineur	Dr. T. TAKESONO	(JICA-IAV Hassan II)
juil-98		

JURY		
Président	Dr. E. BAALI	IAV Hassan II
Rapporteur	Pr. K. HOUMY	IAV Hassan II
Co-encadrant	Pr. B. EZZAHIRI	IAV Hassan II
Membre	Mr. M. KHAIRALLAH	(ORMVAM)
Membre	Mm. Z. MERIMI	(ORMVAD)
sep-98		

ADDRESS ANAFID : RUE NAROUN ERACHID AGDAL - RABAT
 87.87.20 / FAX 87.87.22
 Email: anafid@nrt.ma