

**CULTURE ET CONSERVATION DE LA POMME DE TERRE  
EN ALGERIE**



**Recueil d'articles réalisé par Djamel BELAID**  
Ingénieur Agronome

## Introduction

La pomme de terre constitue un aliment de plus en plus important en Algérie. D'où l'idée de ce recueil d'articles trouvés sur internet. Il arrive parfois que des textes mis en ligne sur internet disparaissent de la Toile au bout de quelques années. D'où notre idée de les réunir. Notre ambition est de faire connaître les différentes études disponibles mais également d'assurer leur pérennité en ligne.

Afin de respecter la propriété intellectuelle, toute mention de ces écrits doit impérativement faire figurer les références des auteurs de ces articles.

Avertissement :

**Ce recueil n'est pas achevé. Toute contribution est la bienvenue.**

## **Table des matières**

1 LA FILIERE POMME DE TERRE EN ALGERIE .....	4
2 FERTILISATION DE LA POMME DE TERRE .....	11
3 IRRIGATION DE LA POMME DE TERRE .....	16
4 DESHERBAGE DE LA POMME DE TERRE .....	34
5 PROTECTION CONTRE MALADIES ET RAVAGEURS .....	36
6 RECOLTE DE LA POMME DE TERRE.....	49
7 CONSERVATION DE LA POMME DE TERRE .....	52
8 LA POMME DE TERRE A L'ETRANGER .....	59

## CHAPITRE 1

### 1 LA FILIERE POMME DE TERRE EN ALGERIE

Le prix du produit connaît une flambée récurrente. Pomme de terre : dans les dédales de la spéculation. Le prix de la pomme de terre demeure exorbitant - Les campagnes du Mostaganémois en attendant la mécanisation. Hommes et bêtes de somme au chevet de l'agriculture.

**Le prix du produit connaît une flambée récurrente. Pomme de terre : dans les dédales de la spéculation. Le prix de la pomme de terre demeure exorbitant.**

Bensouiah Azzeddine le 17-11-2014 LIBERTE

La pomme de terre, devenue un légume indispensable pour la majorité des familles algériennes, coûte cher ces derniers temps, atteignant le seuil des 100 DA, voire 120 DA dans la capitale et les grandes villes. À quoi est due cette flambée qui nous rappelle d'autres épisodes malheureux ?

Nous nous sommes rendus à Aïn Defla, wilaya qui assure 30% de la production nationale, pour discuter avec les professionnels des raisons de cette flambée cyclique, mais aussi des solutions à même d'éviter la répétition d'un tel phénomène.

Sur place, au marché du centre-ville, la pomme de terre se vend, comme à Alger, à 100 DA. Les commerçants dressent, d'emblée, le tableau : "Vous pouvez acheter celle des frigos à la sortie de la ville à 60 DA, mais si vous voulez de la bonne qualité, il faut y mettre le prix."

Ailleurs, à l'ouest du pays, comme par exemple à Oran ou à Aïn Témouchent, ce tubercule se vend à 80 DA, mais sur les bords de la route, on peut l'acheter à 60 DA, comme à la sortie ouest d'Aïn Defla, où d'abondantes quantités sont proposées aux automobilistes, ou encore à Bir-Ould-Ali, Hoceïmia ou encore à Khemis-Miliana.

Mais cette flambée des prix touche surtout les habitants du sud du pays qui, d'habitude, payent toujours plus cher, en raison des frais élevés du transport.

Dans la plaine du Haut-Cheliff, les fellahs d'El-Amra, d'El-Abadia et d'Aïn Bouyahia s'appêtent à lancer la campagne d'arrachage, avec l'espoir de rentrer dans leurs frais. Ces terres rouges, si généreuses, vont rompre avec la monotonie, le temps d'une campagne. Les cafés d'El-Amra vont redevenir de véritables bourses de la pomme de terre où camionneurs et autres intermédiaires de tous bords vont essayer de

faire les bonnes affaires en un temps record.

En attendant, dans ces contrées, tout le monde évoque la flambée des prix de la pomme de terre, avec un pincement au cœur et un sentiment d'être non seulement floués par les intermédiaires qui prennent des marges exorbitantes, mais d'occuper le devant de la scène, eux qui souffrent d'une instabilité chronique et pour qui chaque campagne est synonyme de gros risques.

Cela étant, il y a lieu de rassurer que les prix de la pomme de terre vont baisser d'ici à la fin du mois en cours.

Mais il faudrait tout de même nuancer car le phénomène risque de se reproduire tant que des maillons de la chaîne séparant le producteur du consommateur restent toujours incontrôlables.

#### **Pourquoi cette flambée**

Les fellahs que nous avons rencontrés ont tous la même réponse, ou plutôt la même question-réponse, sur les lèvres : pourquoi, l'année dernière, lorsqu'on vendait la pomme de terre à dix, voire sept dinars, personne ne s'est soucié ? L'abondance de la récolte, la saison dernière, où le pays a enregistré une production record de cinq millions de tonnes, est, en effet, derrière la chute des prix, causant des pertes aux fellahs, ce qui les a découragés pour la saison en cours. Car, il faut savoir que les fellahs vendent tout de suite leur récolte afin de pouvoir assurer l'entame de la nouvelle saison. L'État, à travers son dispositif,

dénoté Syrpalac (qui a pour but de préserver les revenus des agriculteurs et de stabiliser les prix à la consommation), avait procédé au dédommagement des fellahs, à raison de 5 DA le kilogramme, mais cette aide, certes précieuse, était insuffisante.

Mais cette aide n'a pas bénéficié à tout le monde, étant donné que ce ne sont pas tous les fellahs qui sont affiliés au dispositif Syrpalac. Pour Hadj Djâalali, président de la Chambre de l'agriculture d'Aïn Defla, "il y a une politisation de cette affaire et des médias sont devenus des spéculateurs". Tout en rappelant le coup dur subi l'an dernier par les fellahs, il affirmera : "Nous avons tiré la sonnette d'alarme à ce moment-là et avons prédit que les prix allaient flamber juste après. Sans le dédommagement du ministère de l'Agriculture, il n'y aurait pas eu de pomme de terre cette année."

Pour lui, c'est durant la période dite de soudure (fin de saison en juillet et début de l'arrière-saison en novembre) que la flambée a eu lieu.

Durant ces trois mois de soudure, trois wilayas assurent, pourtant, la production de la pomme de terre (Sétif, Tiaret et Laghouat), mais les quantités n'étaient pas suffisantes, ce qui explique le recours à la pomme de terre de stockage.

Hadj Djâalali martèle qu'il n'y a pas de pénurie de pomme de terre, mais reconnaît qu'il existe une flambée des prix. Cette dernière se justifie, selon lui, par la baisse de la production, l'existence de nombreux spéculateurs et intermédiaires. Le transporteur, qui assure l'acheminement de la pomme de terre entre l'entrepôt et le marché de gros, est devenu, selon lui, un commerçant. "D'après les déclarations des responsables des marchés de gros, la marchandise n'arrive même pas aux carrés, mais elle est détournée par d'autres qui n'ont rien à voir avec la profession et qui lui font prendre une autre direction. Ils sont en train de prendre des marges énormes. Ils ne sont ni fellahs, ni mandataires, ni commerçants.

Aujourd'hui, ils spéculent sur la pomme de terre. Hier, c'étaient les moutons et ainsi de suite. Ces gens revendent aux détaillants qui prennent, à leur tour, des marges énormes, sous prétexte qu'ils perdraient une partie de la marchandise pourrie ou avariée." Hadj Djâalali indiquera, par ailleurs, que les facteurs de production ont également augmenté. Il rappellera que 90% des fellahs sont des locataires et que, hormis des lycéens, la main-d'œuvre est inexistante.

Pour sa part, le directeur des services agricoles de la wilaya d'Aïn Defla, Boudjemâa Zerrouk, a tenu, avant tout, à nous annoncer une décision qui venait juste d'être prise : l'Office des fruits et légumes et viandes (Onilev) a pris la décision de signer une convention avec Iziane, un opérateur privé qui fait du conditionnement, afin de pourvoir le marché en sacs

de pomme de terre de 5 kilogrammes à un prix public de 50 DA. Les commerçants pourraient, donc, s'approvisionner chez le conditionneur et les premiers n'ont pas tardé à faire leurs enlèvements.

Cette initiative vise à réduire la tendance haussière, en attendant l'entrée sur les marchés de la production de l'arrière-saison, prévue à la fin du mois en cours. La wilaya d'Aïn Defla, qui a produit cette année quelque 25 millions de tonnes, a stocké quelque 35 200 tonnes par l'Onilev, mais 94% de ces stocks ont été épuisés à ce jour. Pour le DSA, la raison de la flambée du prix de la pomme de terre est due au circuit de commercialisation. "Où est stockée la pomme de terre ? Je ne sais pas. Il n'y a pas de traçabilité du produit qui sort des chambres froides." Tout en admettant que les prix sont libres, il estimera qu'il y a des limites à respecter. Pour lui, le circuit de distribution est mal canalisé : "Je régule la production, pas la commercialisation."

Les stocks (de régulation et de sécurité) sont gérés par les services déconcentrés de l'agriculture, mais, estime-t-il, "nous devons être accompagnés par les services de commerce", et d'affirmer : "Il faut voir ce qui se passe dans les marchés de gros. À 3 heures du matin, toutes les transactions se font en catimini, personne ne rentre au marché, avec la complicité de tout le monde." Pour lui, le fonctionnement des marchés de gros est à revoir. Il fera la genèse de cette flambée, en indiquant que tout a commencé au lendemain de l'Aïd el-Adha. Des fellahs ont proposé leur production que des mandataires ont refusé de prendre.

Pour un membre du Conseil national interprofessionnel (Cnif), qui a requis l'anonymat, la sonnette d'alarme avait été tirée l'an dernier, lorsque les prix avaient chuté, mais personne n'y a prêté attention. Réfutant la thèse de la pénurie, il parle de la production nationale de pomme de terre, qui se fait durant toute l'année (quatre récoltes en tout). "C'est l'intox qui crée la pénurie. La pomme de terre est disponible sur les marchés, dans les camions, dans les frigos. On a voulu créer une situation de crise", dira-t-il, avant de conclure : "Ce n'est pas normal de revivre cette situation tous les quatre, cinq ans. La dernière fois, c'est au moment de l'élection présidentielle de 2009, avec toutes les interprétations politiques que l'on suppose".

La production a atteint 5 millions de tonnes en 2012 et 4 millions en 2013. C'est cette production abondante qui a fait chuter les prix. Mais pour lui, ceux qui crient aujourd'hui et agitent le spectre de la flambée, veulent pousser l'État à opter pour l'importation.

Or, selon lui, même si l'État le fait, la pomme de terre n'arrivera pas avant trois mois, et entre-temps, les fellahs, qui ont investi et attendu des mois, vont subir

de grosses pertes et, donc, ne pas produire davantage pour les prochaines récoltes.

### **Une importante quantité de pomme de terre est stockée.**

Il estime la consommation nationale de pomme de terre entre 250 000 et 300 000 tonnes par mois. La hausse des prix s'explique par le fait que la production des régions des Hauts-Plateaux n'a pas été abondante cette année.

Pour lui, la flambée des prix n'est pas imputable aux fellahs. "Lorsqu'on va arracher la production de novembre, on doit la vendre au plus vite pour lancer la campagne de janvier", fera-t-il remarquer.

Il plaidera pour une plus grande stabilité des fellahs : "Il loue un peu partout à cause des prix. Si le fellah est stable, il peut tracer un programme à long terme." Les meilleures terres appartiennent aux EAC et aux fermes-pilotes, dira-t-il, avant de conclure que c'est un facteur qui paralyse les fellahs. Mais parmi les causes profondes de cette flambée figure l'importation effrénée, en 2013, de semences de pomme de terre (168 000 tonnes). De peur de la voir avariée, on l'a cédée à bas prix, venant s'ajouter à la production locale de semences, ce qui a donné lieu à un excédent de production. Or, on n'a pas su gérer l'excédent de production, selon ce membre du Cnif. En Algérie, il n'existe que deux conditionneurs de pomme de terre qui disposent de matériel à même de garantir un stockage sain du produit. "Lorsqu'on stocke du produit brut, on jette au moins 30% de la production", assurera-t-il.

Il dira, par ailleurs, que l'informel reste la source de tous les maux, en raison notamment du peu de marchés de gros. À l'image de la wilaya d'Aïn Defla, à vocation agricole par excellence, et qui attend toujours la livraison de son marché de gros dont les travaux traînent depuis des années.

### **Comment s'en sortir ?**

Les professionnels sont unanimes quant à la précarité de la filière et veulent que les choses se stabilisent et se clarifient. Mais beaucoup de divergences persistent et chacun essaye de défendre, comme il peut, ses propres intérêts.

Le prix de référence de la pomme de terre, fixé par l'État à 23 DA, est jugé insuffisant, voire dépassé, par les professionnels, tandis que, du côté de l'administration, on estime que les fellahs bénéficient de nombreuses subventions. Toutefois, le manque d'informations fiables fait que chacun avance ses propres chiffres. Il y a lieu de savoir que le prix de référence fixé par le ministère de l'Agriculture pour la pomme de terre est de 23 DA. Ce prix de référence

reste discutable et les fellahs pensent qu'il devrait être revu à la hausse.

Pour un membre de l'UNPA, le prix de référence ne tient pas en compte les charges des fellahs. Ces derniers louent l'hectare à 70 millions de centimes. Les semences leur reviennent à 32 millions l'hectare, sans compter le coût des engrais et surtout la main-d'œuvre, quand celle-ci est disponible. Il faut savoir que l'arrachage de la pomme de terre est généralement assuré par des lycéens et des étudiants qui prennent sept millions de centimes par hectare.

La majorité des fellahs louent les terres et beaucoup ont préféré aller exercer dans d'autres wilayas où le loyer de la terre est moins élevé. La question des concessions agricoles reste entièrement posée, mais cela est une autre histoire.

Le président de la Chambre d'agriculture revient sur le prix de référence de la pomme de terre et estime que ce dernier devrait se situer entre 45 et 55 DA. Pour lui, le fellah doit vendre sa production entre 30 et 35 DA, en fonction de la qualité. Il rappelle que "les chauffeurs de camion prenaient, par le passé, 2 à 3 DA par kilogramme transporté, et qu'aujourd'hui, ils prennent entre 8 et 10 DA le kilo. Donc, un camion de dix tonnes rapporte 100 000 DA en une demi-journée, alors que le fellah met six mois pour la produire".

Pour le directeur des services agricoles (DSA), le prix de référence fixé par le ministère de l'Agriculture était discutable. Toutefois, il rappellera que parmi les charges des fellahs, beaucoup bénéficient de subventions de l'État, à commencer par les engrais et l'eau, à raison de 50%, tout comme le système d'irrigation et les tracteurs.

Boudjemaâ Zerrouk mettra le doigt sur la plaie : "Le système d'information est au stade du Moyen Âge. Sur quelle base calcule-t-on ? Je propose qu'on fasse appel au satellite algérien pour les besoins de l'agriculture. Modernisons d'abord notre secteur, ensuite soyons exigeants avec les fellahs." Pour lui, "la production existe, les professionnels existent. Il suffit de les accompagner et de moraliser la profession". Pour le moment, personne ne pourra fixer exactement le prix de revient de la pomme de terre.

Il reconnaît que les informations données par les fellahs sont souvent fausses, tout simplement par ce que ces derniers craignent que ces informations tombent entre les mains du fisc. Les politiques successives de soutien aux agriculteurs ne suffisent pas à elles seules. Pour preuve, le prix de référence du blé, fixé à 4 500 DA le quintal, a poussé certains spéculateurs à l'importer au prix de 1 500 DA le quintal pour, ensuite, le revendre à l'État à 4 500 DA. L'Onilev, créé en 2008, pour reprendre l'ancien modèle des Ofla et autres CAPCS, a pour but de réguler le marché en intervenant en cas de hausse de

prix ou de pénurie, à travers ses stocks. Mais cette structure n'arrive toujours pas à assurer une gestion commerciale. "Il fallait sortir les stocks à temps (au lendemain de l'Aïd) parce que la production de la wilaya de Mostaganem vient d'arriver sur le marché", dira le DSA, qui fera remarquer que plus de 50 000 tonnes de pomme de terre sont stockées librement, sans aucune convention. "Ils vendent comme ils veulent."

De son côté, le membre du conseil interprofessionnel de la filière de la pomme de terre affirme que la pomme de terre est classée après le blé et le lait et se demande pourquoi l'État ne la prend pas en considération. Il plaide pour que la pomme de terre bénéficie d'un prix administré. Il estimera que le prix de référence fixé par l'État était dépassé : "Cela fait plus de deux ans que nous disons que ce prix doit être entre 25 et 35 DA." Et d'affirmer que la location des terres est de plus en plus chère.

Il affirme que le conseil envisage de confier une étude à un bureau spécialisé (Bneder) afin de parvenir à fixer le prix de revient réel de la pomme de terre. Mais la question de la stabilité des fellahs, notamment en raison de la situation juridique des terres qu'ils exploitent, reste un souci majeur et tous sont unanimes à dire qu'il faudrait trouver une solution à cette situation.

L'instabilité de la filière est telle qu'elle ne permet aucune étude fiable pour le moment. Un conditionneur de pomme de terre s'offusque du fait que le pays importe des conteneurs de chips et de frites surgelées alors qu'on pourrait les produire localement, à moindre frais. Seulement, il ne peut pas se lancer dans un tel projet, lui qui a déjà préparé toute une étude sur la question, pour la simple raison qu'il ne maîtrise pas les prix de la pomme de terre.

La pomme de terre reste dépendante du climat, mais d'autres facteurs sont aussi déterminants.

La production nationale pourrait atteindre les six millions de tonnes, encore faut-il trouver des débouchés pour l'excédent, selon le membre du Cnif. En 2002 et en 2003, des professionnels ont réussi à exporter une partie de l'excédent, notamment vers l'Espagne qui en avait grandement besoin à cette époque. Mais les complications bureaucratiques ont fini par décourager les professionnels.

Ces derniers restent, toutefois, très tentés par l'exportation "même si on nous dit qu'il serait difficile de mettre le produit sur le marché européen, on peut exporter vers les pays africains".

Il faut rappeler qu'il n'y a pas si longtemps, l'Algérie

ne produisait que deux millions de tonnes de pomme de terre et qu'elle importait le reste. Actuellement, la production a plus que doublé et pourrait être augmentée. Il en est de même pour les semences dont la production se situe actuellement entre 250 000 et 300 000 tonnes et qui pourrait atteindre les 500 000 tonnes.

Pour le membre du Cnif, il faudrait que tous les intervenants dans la filière s'assoient autour d'une table pour poser tous les problèmes et trouver ensemble les solutions. Personne ne dispose, à lui seul, de la solution. Il estime indispensable l'organisation de la filière.

Il reconnaît que le dispositif Syrpalac a donné ses fruits, mais estime que ce dispositif devrait être ajusté tous les trois ans. L'État qui est revenu, depuis quelques années, au système des coopératives, en récupérant les anciennes structures, notamment celles de l'ex-Enafroid et des Cofel, a réussi à booster la production et encourager les professionnels, mais tout n'est pas pour autant réglé.

Car, en dehors de la question du foncier agricole, qui est un facteur paralysant, pour bon nombre d'agriculteurs, et la main-d'œuvre saisonnière, qui coûte cher, il y a lieu de poser le problème de la fiscalité qui demande à être prise sérieusement en compte, au lieu de continuer à se voiler la face. Le DSA propose une défiscalisation de la filière pour une période déterminée, le temps de permettre aux services décentralisés de l'État de mieux s'organiser, notamment en matière de système de recueil des informations et la mise en place de structures adéquates. Ensuite viendrait l'étape de refiscalisation progressive. Il estime que l'accompagnement des fellahs et la moralisation de la filière restent indispensables.

La mécanisation de la filière et l'introduction de techniques modernes, notamment en matière d'irrigation, pourraient être d'un grand apport pour la filière.

La crise touche à sa fin, une crise venue rappeler toute la fragilité d'une filière et tous les risques qui pourraient en découler. L'exemple de la pomme de terre pourrait être valable pour d'autres produits agricoles de large consommation, à l'image de l'oignon qui risque de manquer cette année et de voir ses prix flamber, en raison de la surabondance de la production la saison précédente et des pertes subies par les agriculteurs.

A. B.

## **Les campagnes du Mostaganémois en attendant la mécanisation. Hommes et bêtes de somme au chevet de l'agriculture.**

le 16.12.14 El Watan Aziz Mouats

Depuis la promulgation de la loi 87/19 en octobre 2007, portant déstructuration des domaines agricoles socialistes, jamais l'agriculture algérienne n'a été autant décriée que depuis que les cours des fruits et légumes se sont pratiquement alignés sur les cours mondiaux. Malmenés de toutes parts, les fellahs éprouvent des difficultés à justifier les hausses qui affectent régulièrement un produit-phare comme la pomme de terre. Une culture qui a fait la réputation de la région de Mostaganem, où elle côtoie de manière récurrente la tomate, le chou-fleur, le petit pois et l'artichaut.

Toutes ces cultures sont connues pour leur exigence élevée en main-d'œuvre. Ce qui a pour première conséquence d'impacter, parfois fortement, les coûts de production. Car de la main d'œuvre, il en faut à tous les stades de la production, depuis le semis jusqu'à la récolte. Cependant, s'il y a une étape que les producteurs craignent par-dessus tout, c'est celle du ramassage de la récolte qui constitue l'étape la plus importante du processus de production. C'est ainsi qu'au fil du temps se sont constitués de véritables plaques tournantes spécialisées en main-d'œuvre d'appoint. C'est là que se rendent les fellahs afin de recruter les équipes appelées à assurer la récolte.

Puis au fil du temps, des villages comme Bouguirat ou Sirat sont devenues les principales places pourvoyeuses d'ouvriers. Très vite, de véritables tâcherons se sont constitués, offrant des services à la carte. C'est ainsi que durant les deux longues campagnes de récolte de pomme de terre, – l'une s'étalant de fin octobre à fin décembre, la seconde de fin mars à fin mai – bien avant le lever du jour, c'est à bord des camionnettes que les travailleurs sont emmenés vers les champs où se forment les équipes.

En temps normal, lorsque la récolte est au rendez-vous et que les rendements sont supérieurs à 300 quintaux à l'hectare, rassembler une équipe de 15 à 25 arracheurs de patates ne pose aucun problème. Mais c'est lorsque les rendements sont plus faibles que les ouvriers rechignent à aller dans les champs. Comme ils sont payés en fonction de ce qu'ils ont cueilli ou arraché –entre 450 et 500 kg – il est vite apparu que lorsque les rendements sont élevés, le contrat est atteint plus vite que lorsqu'il faut remuer plus de terre pour réunir le quota.

C'est ainsi qu'il arrive souvent qu'une fois sur la parcelle, les arracheurs se rebiffent lorsqu'ils se rendent compte que les tubercules ne sont pas assez gros pour faire l'appoint. C'est ainsi que lorsqu'une parcelle atteint des rendements de 600 qx, le chantier

de récolte peut être bouclé en moins de 3 heures. Plus les rendements baissent, plus il faudra s'appliquer. Il y a deux années, lorsque la pomme de terre avait inondé le marché et que la production s'était écoulée à 10 et 15 DA le kilo, les équipes d'arracheurs avaient tout simplement exigé le payement par anticipation, de peur que les fellahs ne puissent pas verser leurs 1600 DA quotidiens.

A ce prix, le kilo récolté revient entre 4 et 5 DA, soit 50% du prix de vente. Ces contraintes objectives ont incité de nombreux producteurs de pommes de terre à se tourner vers la mécanisation de la culture. Les équipements étant mis au point pour des pommes de terre parfaitement mures, qui supportent les vibrations sans perdre leur peau, leur utilisation s'est très vite ralentie. Les semis ainsi que la récolte sont réalisés à l'aide de semoirs et d'arracheuses. Pour les traitements chimiques fort onéreux, le savoir-faire local fait des merveilles : une petite pompe hydraulique permet de pulvériser sur les rangées de plants d'artichauts ou de tomates. Le système très en vogue emploie trois ouvriers, l'un s'occupant de la pompe, le second du flexible et le troisième se charge de l'épandage à l'aide d'une lance. Très archaïque, le système mis en pratique dans les cultures de tomates permet une économie de main-d'œuvre et a détrôné le pulvérisateur à dos.

### **Les désœuvrés de Tigditt dans les champs de tomates**

Arrivés par vagues successives, les maraîchers du Dahra sont devenus, en une vingtaine d'années, de véritables pionniers dans la culture de la tomate. Qui, tout comme la pomme de terre, se décline en deux saisons. Mettant à profit les faibles températures du cordon littoral, ces cultivateurs aguerris et inventifs sont parvenus à faire fructifier des terres jadis incultes, tout simplement à s'appliquant à gérer l'irrigation localisée qui permet le transfert d'eau sur des surfaces accidentées et souvent inaccessibles. Ceci n'aura été possible que parce que l'organisation



sociale du travail s'articule autour de pratiques ancestrales de la «djemaâ».

Des groupes de jeunes ruraux, tous originaires du Dahra oriental – celui s'étalant de Cherchell à Ténès – se mettent ensemble sur une exploitation louée par l'un des leurs. Celui-ci, disposant de moyens matériels et de liquidités, se charge de réunir les intrants – engrais, produits phytosanitaires, plants, motopompe et gaines d'irrigation – et de régler des avances en numéraires. Les jeunes fellahs entament alors les travaux culturels jusqu'à la récolte. Dans cette organisation il n'y a aucune hiérarchie, le travail est confié à chacun selon ses compétences et ses forces.

Une fois les tomates arrivées à maturité, c'est au moment de la vente que se fait le partage des revenus. Une part est alors équitablement répartie entre les associés, la plus grande part revenant à celui ayant fourni la terre et les intrants. Ce système à nul autre pareil permet à tous les opérateurs d'être logés à la même enseigne et surtout d'être solidaires durant le processus de production et lors de la répartition des revenus. Comme tout le monde y trouve son compte, c'est sans doute le mode d'organisation le plus efficace. C'est un véritable mode sans échec : lorsqu'un associé tombe malade, il va se reposer et se soigner dans sa région d'origine, ceux qui restent sur place compensent son absence. Depuis deux ou trois saisons, l'augmentation des surfaces cultivées a nécessité le recours à de la main d'œuvre locale.

Curieusement, ce sont des jeunes désœuvrés des quartiers périphériques de Mostaganem qui sont appelés à la rescousse. Payés à 1500 DA la journée de 5 à 6 heures, ils participent uniquement à la récolte et au conditionnement des tomates. Dans les zones éparses du Dahra, ce sont souvent des collégiens qui viennent prêter main-forte moyennant un salaire de 700 à 1000 DA, en plus d'un panier de tomates qu'ils revendront au bord de la RN11. Un jeune de Tigidit n'hésite plus à se lever avant l'aube, à prendre un taxi clandestin pour aller jusqu'à Ouréah récolter les tomates. A la mi-journée, chargé d'un sac de tomates prélevé sur la récolte, qu'il vend en faisant un crochet par le marché de Mazagran. Il retourne à la maison avec pas moins de 2000 DA en poche. Des ouvriers saisonniers comme lui, se recrutent par dizaines chaque jour. Même harassant et très prenant, le travail dans l'agriculture permet de substantiels revenus à ceux qui acceptent ses contingences.

### **Le retour des charrues**

Dans les champs de petits pois, qui s'étalent désormais sur d'importantes superficies, les

producteurs font appel à un autre type de main-d'œuvre. Rémunérés au sac (25 à 30 kg) de petits pois, jeunes garçons et filles, quelquefois accompagnés de femmes, se retrouvent pour la récolte. Payés 500 à 700 DA le sac, ils arrivent à mettre un peu d'argent de côté pour les mauvais jours. Sans cette main-d'œuvre très bon marché, il est certain que les petits pois que l'on achète parfois 40 et 60 DA le kilo auraient disparu des marchés. Cette culture jadis menée sur des petites parcelles a pris une ampleur considérable depuis le retour en activité des attelages d'ânes et de mulets.

En effet, une fois les semis effectués, la culture a besoin d'un sarclage qui permet d'aérer le sol et d'éliminer les mauvaises herbes. Sans le retour en grâce des charrues tractées par les bêtes de somme, jamais cette culture protéagineuse aux multiples vertus n'aurait pris un tel essor. Loué 2500 à 3000 DA la journée, l'attelage est conduit par une seule personne et permet de sarcler quotidiennement près d'un quart d'hectare ; la même opération effectuée par l'homme aurait nécessité quatre fois plus de frais et de temps.

### **La double vacation fait des émules**

Activant dans la commune de Hassi Mamèche, un opérateur venu des Hauts-Plateaux sétifiens cultive près de 150 hectares de pomme de terre par saison. Ayant appris le métier sur le tas ; après quelques déboires, il a fini par se faire une place respectable dans la corporation des «patatiers» qui comptent. Ils sont une trentaine dans la région à cultiver entre 150 et 800 hectares de pomme de terre, toutes saisons confondues. Obtenant des rendements parmi les plus élevés, ces fellahs émérites ont cette particularité de ne pas posséder le moindre acre de terre. Ni en bien propre ni en concession.

Tous, sans exception, louent les surfaces qu'ils cultivent à des particuliers relevant exclusivement du régime de la concession. Ici, les chantiers de plantation, de buttage, de traitement chimique et de récolte mobilisent des centaines d'ouvriers. Il arrive souvent, au vu de la rareté de la main-d'œuvre, qu'ils soient dans l'obligation de ramener des ouvriers depuis la vallée du Cheliff. Regroupés dans une véritable base-vie équipée de lits de camp, de cantines collectives, bénéficiant de couverture sanitaire, ces «arracheurs» font une double vacation, une pratique jamais usitée dans la région.

En effet, payés à 1600 DA la vacation, ils entament un premier chantier dès l'aurore, font un break pour déjeuner puis reprennent une autre vacation l'après-

midi. Si bien qu'au bout d'un mois, un simple ouvrier peut se retrouver avec un salaire net de 90 000 DA. Tout le monde y trouve son compte, comme nous le confie un opérateur de la région de Hacıane, qui cultive 400 hectares de pomme de terre. Avec des rendements rarement inférieurs à 450 qx/ha, son gain varie, selon le marché, entre 1 et 1,5 million de dinars

à l'hectare. Sachant que les frais peuvent atteindre 0,8 million (0,5 million de dinars en frais de culture et 0,3 million uniquement pour l'opération de récolte), il dégage une substantielle marge bénéficiaire qui lui permet de continuer à louer des terres auprès de ceux qui détiennent des titres de jouissance généreusement octroyés par l'Etat algérien.

## 2 FERTILISATION DE LA POMME DE TERRE

DE NOUVEAUX ENGRAIS - FERTILISATION DE LA POMME DE TERRE: L'AZOTE AU PLUS JUSTE - ENGRAIS: Bien choisir la forme à apporter -

**DE NOUVEAUX ENGRAIS : Journées de démonstration sur l'application des nouvelles formules pomme de terre " Patstart et Patgrow "**

Site Profert.dz 2014

Dans le cadre du développement de ses nouvelles formules d'engrais produites dans sa nouvelle usine de Mostaganem, la société Profert a organisé des journées de démonstration des formules dédiées à la culture de la pomme de terre. En présence des agriculteurs et des officiels DSA (Direction des Services Agricoles) et CAW (Chambre d'Agriculture de la Wilaya), ces démonstrations ont eu lieu sur le terrain et dans les régions potentielles de production de la pomme de terre: Mascara, Ain-Temouchent, Boumerdès et Ain-Defla.

Ces journées ont permis des regroupements au niveau des parcelles fertilisées avec Patstart et Patgrow. Il s'agissait de confronter les résultats de ces formules à ceux obtenus avec la fertilisation traditionnelle à base de NPK 15 15 15 et de l'urée. (...)

L'itinéraire technique a été expliqué et le programme de fertilisation tel que préconisé par Profert a été utilisé. Cet itinéraire comportait un apport de 9 qx/ha de Patstart à la plantation et 8 qx/ha de Patgrow à la levée soit un total de 17 quintaux/ha. En comparaison, les agriculteurs utilisaient plus de 25 quintaux/ha avec les pratiques antérieures (15 15 15 à la plantation + urée à la levée).

L'application des nouvelles formules Patgrow et Patstart a permis une levée très homogène. Les plants n'ont souffert d'aucune carence durant tout le cycle de plantation, contrairement au programme 15 15 15 et urée. **La partie racinaire est bien développée** et le nombre de tubercules est important. Les conséquences liées aux problèmes de sécheresse et au sirocco ont été abordées. Les régions concernées ont subi une chute de rendement.

Les parcelles fertilisées par Patstart et Patgrow **ont résisté aux aléas climatiques** et ont donné de bons rendements de l'ordre de 480 qx/ha. Les parcelles fertilisées au 15 15 15 et à l'urée ont rarement dépassé

les 200 qx/ha. Ce programme a permis également d'obtenir :

- des tubercules homogènes
- et une proportion élevée de gros calibres
- et un taux de matière sèches élevés **ce qui est garant d'une très bonne capacité de résistance au stockage.**

L'équipe Profert a donné des explications sur ces résultats exceptionnels qui permettent de produire beaucoup plus **avec un coût de fertilisation plus faible**. Ces nouvelles formules sont le résultat d'une maîtrise:

- **de la complexité** et la diversité des sols en Algérie (Mo faible, pH élevé, salinité).
- **des besoins** de la pomme de terre aux différents stades de son développement.
- **de la chimie** des engrais et la biodisponibilité des différentes formes d'éléments nutritifs dans les conditions des sols algériens.

Ne pouvant pas trouver ces formes et ces équilibres sur le marché international Profert a donc décidé de les produire en construisant une usine de NPK à Mostaganem. La production de cette usine a commencé à la fin de l'année 2013. Ces produits sont donc algériens à plus d'un titre. Ils sont le résultat d'une recherche algérienne et d'une production algérienne utilisant pour partie des matières premières

algériennes.

#### Ces nouveaux produits, Patstart et Patgrow:

- **Contiennent les éléments** nécessaires dans un équilibre garantissant une disponibilité tout au long du développement de la culture. En outre ces formules contiennent du **soufre et de la magnésie**.
- **Permettent l'acidification** nécessaire de la rhizosphère.
- **Un apport raisonné de l'azote**: ces formules contiennent deux formes d'azote, uréique et ammoniacale qui permet une disponibilité soutenue en azote dans le temps. Ces 2 formes limitent fortement les pertes par lessivage.

- **Un apport très riche en potasse** dans une forme qui favorise le développement de matières sèches.
- Une fertilisation raisonnée avec l'utilisation de 17 qx/ha contre 25 q/ha précédemment;
- Une fertilisation à moindre cout.
- Une garantie de rendements élevés.

Tous les agriculteurs qui ont utilisé Patstart et Patgrow **sont très satisfaits** des résultats. Pour d'autres, ces journées ont été l'occasion d'apprécier l'efficacité de ces produits et de faire une comparaison technique et économique avec l'utilisation du programme précédent (15 15 15 et urée).

### FERTILISATION DE LA POMME DE TERRE: L'AZOTE AU PLUS JUSTE.

Yanne Boloh 2003\*

*(Dans un article de Perspectives Agricoles, Yanne Boloh aborde la fertilisation de la PdT. Celle-ci est totalement revisitée. Nous espérons que cet article pourra inspirer des cadres et agriculteurs algériens. D.BELAID 14.09.2014).*

Le calcul de la fertilisation azotée d'une culture donnée de pomme de terre passe par la méthode du bilan. Ensuite, l'effet climatique restant primordial dans la minéralisation de l'azote du sol, les outils de diagnostic en cours de végétation complètent le calcul prévisionnel de la dose totale. Un apport complémentaire n'est déclenché que si une carence s'installe.

#### Utiliser la méthode des bilans

L'ajustement de la fertilisation azotée aux besoins de la pomme de terre vise à répondre tant aux impératifs de la productivité qu'à ceux de l'environnement. Le calcul de la dose totale à apporter à une culture de pomme de terre repose sur la méthode du bilan de l'azote minéral du sol :

<b>Fertilisation azotée</b> = azote absorbé par la culture + azote minéral du sol non utilisable par la culture – azote minéral du sol disponible en début de cycle – azote issu de la minéralisation des matières organiques du sol.
---

Les valeurs forfaitaires de besoin, jadis élaborées sur Bintje, sont aujourd'hui dépassées du fait de la multiplicité des variétés et de la segmentation des marchés. De nouvelles références, présentées en tableaux de préconisation, sont désormais disponibles par bassin de production. Le besoin en azote de la

culture y est donné par l'estimation de la quantité d'azote absorbée par la culture au cours de son cycle végétatif (plantation-défanage). La précocité de chaque variété est donc désormais prise en compte.

#### Valoriser l'apport du sol...

L'azote minéral du sol **n'est pas totalement disponible** pour la culture. Le reliquat, classiquement mesuré en fin de culture, correspond à la **quantité d'azote du sol non utilisable** par la culture. Dans le cas des pommes de terre, la période d'absorption par la plante s'interrompt peu après le défanage, lorsque toutes les parties végétatives sont mortes.

Entre le défanage et la récolte, la minéralisation de l'azote organique se poursuit, enrichissant le sol en azote minéral. S'il n'a pas d'intérêt pour le bilan lui-même, le reliquat à la récolte est néanmoins intéressant. Il s'apparente en effet pour la pomme de terre à un indicateur environnemental: trop élevé, il présente un risque de lessivage durant l'hiver. L'implantation d'une culture intermédiaire « piège à azote » est alors recommandée. La minéralisation des résidus de cette culture devra ensuite être prise en compte dans le calcul de la dose totale d'azote pour la culture suivante.

#### ... en permettant aux racines d'aller le chercher

L'utilisation de l'azote minéral du sol dépend

- de la profondeur d'enracinement,
- mais aussi de l'abondance
- et de la répartition spatiale des racines dans chaque horizon.

**Sans obstacle**, la profondeur maximale se situe entre 100 et 140 cm. Si l'état structural du sol est dégradé, l'enracinement sera affecté (profondeur et densité). L'azote présent ne sera donc pas utilisé. De façon générale, le taux d'exploitation racinaire (TEPN) est peu variable dans l'horizon 0-30 cm. Il y atteint entre 90 et 100 %. En limon profond, il est encore de 45 à 75 % dans l'horizon 60-90 cm lorsque l'état structural n'est pas trop dégradé. Le calcul propose donc de mesurer le reliquat d'azote minéral en début de cycle sur les 60 premiers centimètres (horizon 1 : 0-30 cm, horizon 2 : 30-60 cm) et de ne retenir que la moitié du contenu en azote du second horizon.

### Mesurer le reliquat au plus près de la plantation

Si des précipitations importantes surviennent par exemple entre la mesure du reliquat et l'apport d'azote, il faut tenir compte du lessivage et réévaluer à la baisse la quantité d'azote minéral disponible. Les valeurs de minéralisation des résidus de récolte des précédents culturaux sont disponibles (tableau 1), de même que les quantités d'azote minéralisé si une culture intermédiaire a été implantée (tableau 2). La valeur de minéralisation de l'humus est évaluée à partir de la quantité d'azote minéralisable qui dépend de la matière organique du sol.

Cette valeur potentielle doit cependant être ajustée à chaque situation, selon le régime de restitution organique de chaque parcelle (application d'un coefficient de restitution organique (tableau 3) et selon la durée de végétation, entre la date de mesure du reliquat au moment de la plantation et la date de défanage, pour prendre en compte la variété (définition d'un facteur de durée de minéralisation (tableau 4). Seuls les effets directs des produits organiques, c'est-à-dire leur participation à la nutrition azotée du peuplement, sont considérés. Pour la plupart des produits, la valeur fertilisante des apports réalisés en automne est inférieure à celle des apports de printemps.

Les cultures intermédiaires enfouies précocement (avant le 1er décembre) donnent les valeurs les plus faibles de minéralisation nette, car une partie de l'effet azote de ces résidus est mesurée dans le reliquat de début de culture.

### Le climat est imprévisible...

Au-delà de la définition des besoins précis de chaque culture et des disponibilités dans la parcelle, le producteur doit prendre en compte les aléas climatiques car ils sont primordiaux dans la libération de l'azote du sol. Mais, comme ils sont imprévisibles à la date de plantation, l'utilisation d'outils de diagnostic en cours de végétation est véritablement complémentaire du calcul prévisionnel de la dose totale, surtout dans le cas d'apports organiques importants ou de forts risques de lessivage. Si l'indicateur de nutrition azotée retenue révèle un problème de nutrition azotée, on fait l'hypothèse que la disponibilité en azote du sol est insuffisante pour satisfaire les besoins à venir de la culture : un apport complémentaire s'avère alors nécessaire. Ceci n'est cependant vrai que si seule la quantité d'azote minéral présente dans le sol perturbe l'alimentation azotée. Or, pour une culture de printemps comme la pomme de terre, **l'eau est en fait le facteur limitant** le plus fréquent de l'absorption par les racines. Les outils de déclenchement d'apports correctifs d'engrais, Jubil® et Hydro-N-tester®, et seront donc réservés aux parcelles irriguées, pour une garantie d'efficacité de l'apport complémentaire.

### ... il faut ajuster les apports en cours de culture

Opérationnel depuis 1999, Jubil® compte trois étapes :

- calcul de la dose d'azote optimale X à l'aide de la méthode du bilan ;
- apport d'une dose X-40/ha à la plantation ;
- suivi tous les 10 jours de la teneur en nitrate du jus de pétiole en cours de végétation, dans une fenêtre de 30-50 jours ou de 40-60 jours après la levée selon les variétés.

**Si la teneur en nitrate** reste constamment supérieure au seuil, aucun nouvel apport n'est requis et l'on économise donc 40 kg N/ha. Si à l'un quelconque des contrôles, la teneur est inférieure au seuil, il faut apporter 40 kg N/ha. Le calage des seuils d'intervention est actuellement proposé sur 12 variétés qui représentent environ 44 % de la sole de pommes de terre de consommation (Amandine, Belle de Fontenay, Bintje, Charlotte, Chérie, Felsina, Franceline, Manon, Monalisa, Russet-Burbank, Saturna, Victoria).

**Autre méthode de pilotage**, la mesure de la transmittance de la feuille par un appareil comme le Hydro-N-tester® est disponible sur le terrain depuis 2002. Il permet de mesurer indirectement la teneur en chlorophylle de la feuille. Sa liaison avec la teneur en

azote est suffisamment stable et étroite pour qu'elle caractérise le niveau de nutrition azoté de la plante entière.

**Pour s'affranchir de la calibration** du seuil d'intervention en fonction de la culture, on utilise le caractère saturant de la mesure pour des valeurs élevées de nutrition azotée grâce à une zone étalon surfertilisée pour chaque parcelle (au moins 150 kg N/ha de plus que la dose préconisée par le calcul du bilan, apporté en totalité à la plantation). Entre 40 et 60 jours après la levée (ou entre 30 et 50 jours pour les variétés à chair ferme), on mesure l'indice N-tester sur la zone étalon et sur le reste de la parcelle. Il suffit ensuite d'interpréter en valeur relative cette dernière mesure par rapport à la zone surfertilisée. Les règles de décision sont intégrées dans des serveurs informatiques disponibles sur Minitel ou sur Internet. Grâce aux outils de pilotage, l'apport d'une dose complémentaire d'azote en cours de végétation permet donc de lever une carence en voie d'apparition."

**Pas de racines dans un sol trop compacté**

## **ENGRAIS: BIEN EN CHOISIR LA FORME A APPORTER** ARVALIS INFOS • JUIN 2014

**Le choix de l'engrais est important pour optimiser l'itinéraire technique. L'adjonction de certains additifs aux engrais azotés traditionnels pourrait permettre de limiter les pertes lors de l'épandage, un vrai plus environnemental comme économique**

La pomme de terre a le plus souvent besoin d'apports d'engrais en complément des fournitures du sol pour satisfaire ses besoins nutritionnels, comme la plupart des grandes cultures. La détermination de la dose à apporter s'appuie sur/

- la méthode du bilan prévisionnel pour l'azote,
- et sur la méthode Comifer pour le phosphore et le potassium.

Au-delà de cette quantité, le choix de la forme d'engrais revêt une importance particulière pour optimiser la conduite selon les objectifs de production quantitative et qualitative retenus par l'agriculteur (tableau ci-contre).

### **Engrais azotés : limiter les pertes**

Après un apport, l'azote de l'engrais est soumis à différents processus. L'absorption par la culture est ainsi concurrencée par différents phénomènes de pertes : lixiviation de l'azote nitrique sous l'effet du drainage, pertes gazeuses par volatilisation

La pomme de terre est extrêmement sensible à l'état structural du sol en raison du gros diamètre de ses racines principales (environ 1 mm). La réduction du taux d'exploitation potentielle de l'azote (TEP-N) peut dépasser 50 % sous la couche labourée lorsque celle-ci présente une forte proportion de zones compactées. Sur 43 parcelles observées en Picardie en 1991, plus de deux parcelles sur cinq étaient concernées.

L'irrigation semble par contre jouer assez peu sur le TEP-N. Elle favorise un peu l'enracinement en début de cycle si l'état structural du sol est dégradé en aidant les racines à franchir les obstacles. A l'inverse, lorsque l'état structural est favorable, l'enracinement est meilleur sans irrigation, probablement en raison d'un développement important des ramifications. L'effet de la variété sur le TEP-N semble également minime, notamment en cas d'irrigation, l'impact étant probablement supérieur en sec.

(\*) Yanne Boloh d'après le dossier "Azote et pommes de terre, de mars 2003, rédigé par Caroline Surleau-Chambenoit (Alternatech-Agro-Transfert), François Laurent (ARVALIS - Institut du végétal), Jean-Marie Machet (INRA), Olivier Scheurer (ISAB). PERSPECTIVES AGRICOLES • N°298 • FEVRIER 2004

ammoniacale et organisation au sein de la matière organique du sol. Afin de favoriser l'absorption, il est nécessaire de privilégier les pratiques qui minimisent ces pertes :

- **le fractionnement** permettant notamment d'ajuster les apports à la dynamique de besoins de la culture,
- **le positionnement** (avant ou après buttage, juste avant un épisode pluvieux ou pas) et le choix de la forme d'engrais.

Dans les grandes régions de production de la pomme de terre de consommation du centre et du nord de la France, l'ammonitrate et la solution azotée dominant le marché des engrais azotés. C'est ce qu'a montré une enquête du CNIPT (Comité national interprofessionnel de la pomme de terre) en 1999, toujours valable aujourd'hui. D'autres formes binaires et ternaires sont également présentes, mais dans une moindre mesure.

L'urée solide ou urée 46 (elle contient 46% d'azote sous forme uréique) n'est quant à elle quasiment pas utilisée. Cette répartition du marché s'appuie sur les circuits d'approvisionnement historiques mais également sur des considérations technico-économiques : l'ammonitrate est généralement préféré en raison d'une efficacité attendue supérieure, tandis que la solution azotée est plébiscitée pour son prix et sa praticité d'utilisation sous forme liquide. Les différences d'efficacité entre l'ammonitrate, la solution azotée et l'urée reposent essentiellement sur leur sensibilité différente **à la volatilisation ammoniacale** ; les deux dernières étant plus sensibles que l'ammonitrate. En cas d'enfouissement via un apport **juste avant buttage** qui atténue voire annule la volatilisation, **aucune différence notable n'apparaît** entre les formes (figure 1).

C'est donc dans les cas d'apports en surface sans enfouissement (après buttage ou apport plusieurs jours avant buttage) que des différences d'efficacité en faveur de l'ammonitrate peuvent apparaître, dans les cas à risques comme :

- l'absence de pluie,
- ou sur un sol à pH élevé.

Des innovations technologiques commencent à apparaître sur le marché pour apporter de nouvelles réponses. Notamment, les **urées modifiées** grâce au NBPT (inhibiteur d'hydrolyse de l'urée) pourraient être intéressantes : cet additif est en effet connu pour atténuer le phénomène de volatilisation ammoniacale. Arvalis-Institut du Végétal travaille sur l'intérêt de ce type de produit sur les céréales depuis 2012 (produit Nexen TM). Son évaluation sur la pomme de terre démarre en 2014.

### **Engrais PK : le positionnement avant tout**

La pomme de terre est une des cultures **les plus exigeantes en potassium et en phosphore**, à la fois pour assurer son rendement et pour accéder à certains

critères qualité (pour le potassium surtout). Sur l'ensemble du cycle, c'est le sol qui fournira la majorité des éléments à la culture. Cependant, l'apport d'engrais peut être nécessaire **en tout début de cycle** afin de palier la faiblesse précoce du système racinaire : il ne peut en effet pas puiser tout de suite dans les stocks d'éléments du sol. Comme les éléments PK sont de surcroît **très peu mobiles dans le sol**, leur localisation à la plantation présente probablement un intérêt, bien que les références expérimentales ne soient pas nombreuses en la matière.

Concernant le choix de la forme d'engrais potassique, le chlorure et le sulfate de potassium ont présenté **la même efficacité sur le rendement** dans les expérimentations conduites par Arvalis-Institut du végétal. Leur différence réside essentiellement dans l'effet sur le taux de matière sèche des tubercules. En règle générale, l'apport de potassium le réduit. L'apport sous forme chlorure accentue le phénomène par rapport à la forme sulfate. Les différents engrais phosphatés présentent des différences d'efficacité en fonction de leur degré de solubilité. Les formes les plus solubles (super 45, « 18-46 ») **sont à privilégier** pour un effet rapide sur la culture.

### **Et les autres éléments ?**

Les apports de magnésium se raisonnent selon les mêmes principes que les apports PK. Les formes **nitrate et sulfate sont les plus efficaces**, grâce à leur plus grande solubilité. Les besoins de la pomme de terre en soufre sont faibles (moins de 50 kgSO<sub>3</sub>/ha) et la phase de croissance correspond aussi à la phase majoritaire de minéralisation du soufre organique, ce qui permet au sol d'assurer la fourniture nécessaire. De plus, du soufre est souvent apporté via d'autres engrais (sulfate de potassium par exemple). Enfin, les risques de carence en oligoéléments sont faibles et ne nécessitent que très rarement une intervention.

**Sources:** Innovations et performances pour la pomme de terre. ARVALIS INFOS • JUIN 2014

### 3 IRRIGATION DE LA POMME DE TERRE

Irrigation : Les 3 étapes du pilotage de l'irrigation - IRRIGATION: Adapter sa stratégie à la variété -

#### **Irrigation : Les 3 étapes du pilotage de l'irrigation**

L'irrigation se gère en 3 étapes : 1. Le déclenchement des irrigations. 2. La gestion des passages suivants. 3. L'arrêt des irrigations

#### **1. Le déclenchement des irrigations**

Pour déterminer le déclenchement des irrigations il faut : Évaluer l'état hydrique du sol

Le début des opérations d'irrigation s'appuie sur le suivi du dessèchement du sol. Il peut être réalisé par le calcul du bilan hydrique ou par la mesure dans les parcelles de l'humidité du sol ou de sa tension en eau.

#### **Le bilan hydrique-**

Cette méthode fait le bilan d'eau entre les entrées et les sorties d'eau du sol (voir encadré 1). Les besoins en eau de la pomme de terre sont estimés à partir de la demande climatique, l'ETP (Evapotranspiration potentielle) et du coefficient cultural Kc dont les valeurs varient en fonction des stades. Il est aussi nécessaire de mesurer la pluie et les doses d'irrigation. L'irrigation est conseillée lorsque la réserve facilement utilisable est épuisée, en anticipant cependant les irrigations en tenant compte de la durée du tour d'eau temps nécessaire pour irriguer toutes les parcelles. ARVALIS - Institut du végétal a développé l'outil Irré-LIS®, un bilan hydrique pour les agriculteurs et les techniciens, disponible est en ligne sur le web.

Encadré 1. Application de la méthode du bilan hydrique

- 1 – Estimation de la réserve utile du sol (ru), et de la réserve utilisable par la plante (RU) (voir tableau 1)
- 2 – Pilotage de l'irrigation par la méthode du bilan hydrique

Calcul, à la fréquence hebdomadaire, de l'état de la Réserve Utile (RU) c'est-à-dire la quantité d'eau dans le sol.

$$RUS = RUS-1 + PS + IS - (KcS \times ETPS)$$

Avec : RUS : Etat de la réserve utile à la fin de la semaine s

RUS-1 : Etat de la réserve utile à la fin de la semaine s – 1

PS : Précipitation de la semaine s IS : Irrigation de la semaine s

KcS : Valeur du coefficient cultural à la semaine s (voir le tableau 2 ci-dessous)

ETPS : ETP de la semaine s

Déclenchement de l'irrigation lorsque la réserve facilement utilisable (RFU) est vide c'est-à-dire lorsque :

$$RFU = (1/3) \times (ru \times \text{profondeur d'enracinement}) = 1/3 \text{ RU}$$

#### **Mesure de la tension en eau du sol ou des humidités**

La mesure des tensions, notamment à partir des sondes tensiométriques Watermark®, permet de suivre le dessèchement du sol.

La méthode IRRINOV® utilisant la tension comme indicateur de l'état hydrique du sol a été développée par ARVALIS - Institut du végétal en collaboration avec de nombreux partenaires (voir encadré 2). Cette méthode régionalisée rassemble les règles de conduite de l'irrigation pour les pommes de terre de consommation et de transformation. Elle a été paramétrée dans de nombreuses régions et propose des seuils qui varient en fonction des types de sols, du stade de la culture et de la durée du tour d'eau.

Encadré 2. IRRINOV®



La méthode IRRINOV® est diffusée depuis 2004 pour les sols de limon du Santerre et du Pas-de-Calais pour les variétés à chair ferme Charlotte, Amandine, Chérie, Franceline, Ratte et Exquisa et pour les variétés de type transformation comme la Bintje, Santana et Russet Burbank. En 2006, elle est élargie aux sols argileux avec des règles spécifiques dans cette région. Elle est également diffusée en Champagne-Ardenne (AFLHORCA) en sols de craie. Il s'agit d'une méthode mise au point par ARVALIS - Institut du végétal avec la collaboration de McCain, le GITEP et la Chambre d'Agriculture du Pas-de-Calais. Elle a été paramétrée par l'AFLHORCA en Champagne-Ardenne.

IRRINOV® permet d'assurer une alimentation hydrique de la pomme de terre sans gaspillage, en optimisant l'utilisation de la réserve du sol et l'efficacité de l'irrigation. Elle comprend le guide utilisateur, le carnet terrain pour l'enregistrement au champ des tensions, des pluies, des irrigations et des stades, 6 sondes Watermark®, un pluviomètre, le boîtier de lecture ou enregistreur et une tarière pour l'implantation des sondes.

Pour plus de précision sur la méthode IRRINOV®, se reporter aux guides de l'utilisateur de la méthode, disponibles auprès des partenaires et sur le site [www.arvalisinstitutduvegetal.fr](http://www.arvalisinstitutduvegetal.fr) :

Contact ARVALIS - Institut du végétal  
[jm.deumier@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:jm.deumier@arvalisinstitutduvegetal.fr)

Depuis quelques années des sondes capacitatives permettant de mesurer directement l'humidité du sol sont commercialisées pour aider au pilotage des irrigations.

Les avantages et inconvénients des différents capteurs sont indiqués dans le tableau ci-dessous (Tableau 3) :

### **Observer le stade de la culture**

Pour les pommes de terre destinées à la transformation, en particulier pour la production de frites, l'irrigation débutera dès le début de la période d'initiation des tubercules. La plante couvre la moitié du rang et les besoins en eau deviennent élevés.

En revanche pour les variétés de consommation, en particulier quand l'objectif de production vise un nombre élevé de tubercules et un calibre moyen à petit, l'irrigation pourra débuter, en temps sec, dès le stade levée. En effet, ces irrigations sont bénéfiques pour le nombre de tubercules initiés surtout pour les variétés à faible tubérisation ou à tubérisation sensible au stress hydrique.

Les irrigations réalisées au stade début initiation de la

tubérisation ou au stade levée (souvent de la 2ème quinzaine de mai à la 1ère quinzaine de juin) permettent également de lutter contre la gale commune pustuleuse (quand elle est présente).

Pour la première irrigation, préférer des apports limités de 15 à 20 mm de manière à ne pas endommager les buttes. La pression au canon doit être suffisante pour éviter les très grosses gouttes (exemple : 5 bars pour une buse de 20 mm).

### **Les 4 stades à connaître pour bien irriguer les pommes de terre**

#### **Stade « Levée »**

Une plante est au stade « Levée » quand elle a au moins une tige à 3 feuilles. Une parcelle est dite au stade « Levée » quand 50 % des plantes ont au moins 3 feuilles. Ce stade détermine le début de la période d'irrigation par temps sec, pour les variétés à faible tubérisation et pour les variétés sensibles à la gale commune.

#### **Stade « Initiation de la tubérisation »**

Pour déterminer ce stade : observer les stolons sur 10 plantes représentatives de la parcelle. Une plante a atteint le stade « Initiation de la tubérisation » quand la moitié des stolons ont une ébauche de tubercule ayant deux fois le diamètre du stolon. Une parcelle est dite au stade « Initiation tubérisation » quand 50 % des plantes ont atteint ce stade.

Ce stade constitue le début de la période d'irrigation pour les variétés qui tubérisent bien comme Bintje. Un statut hydrique convenable est nécessaire pour stabiliser le nombre de tubercules.

#### **Stades « Fermeture des rangs » et « Début sénescence »**

Le stade « Fermeture des rangs » est atteint quand le feuillage recouvre bien la terre et que, en vue de dessus, la terre n'est plus visible.

Le stade « Début sénescence » est atteint quand la couleur du feuillage commence à virer du vert au marron et quand les tiges commencent à s'affaïsser.

### **2. La gestion des passages suivants**

Le suivi du retour des irrigations d'après la méthode du bilan hydrique est présenté dans l'encadré 1. L'objectif de cette deuxième phase est de bien couvrir les besoins en eau de la plante jusqu'à quelques jours avant le défanage. Les doses d'irrigation sont généralement de 20 à 30 mm et le rythme doit être adapté au climat.

La méthode IRRINOV® propose par type de sol et de climat, un rythme d'apport (en mm/jour) permettant de couvrir les besoins en année sèche. Ce rythme est modulé en fonction des tensions mesurées à 30 cm et à 60 cm sous la butte.

Avant la reprise du tour d'eau suivant, et en respectant la périodicité standard, IRRINOV® permet de comparer les tensions à des seuils référencés dont les valeurs varient par rapport au stade de la culture. Si les seuils sont atteints, le nouveau tour d'eau commence. En revanche, si les seuils ne sont pas atteints, le tour d'eau est retardé.

Pour limiter le ruissellement, on adaptera l'intensité des apports à la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol.

### 3. L'arrêt des irrigations

L'arrêt des irrigations dépend de la date prévue de défanage et donc de la destination des pommes de terre. On limitera autant que possible l'irrigation en faisant participer au maximum les réserves en eau du

sol et en prenant en compte la sensibilité variétale au stress hydrique.

► pommes de terre de consommation : la date d'arrêt dépend du rendement, des calibres et parfois de la teneur en matière sèche.

► pommes de terre à chair ferme : l'irrigation est arrêtée 4 à 8 jours avant la date prévue pour le défanage (ce délai dépend du climat). Les variétés à lenticelles apparentes ont un arrêt plus précoce (7 à 8 jours).

► pommes de terre destinées à la transformation industrielle, à la fabrication de frites, chips ou de purée : on recherche des teneurs en matière sèche des tubercules élevées (20 à 25 %). Afin de garantir les objectifs de production et la qualité de la récolte, le défanage doit être réalisé pour un taux de sénescence du couvert supérieur à 50 %. On respectera généralement un délai de 8 à 10 jours entre la date d'arrêt des irrigations et la date de défanage.

Sources : Jean-Marc DEUMIER, Olivia TAVARES (ARVALIS - Institut du végétal)

### Utilisation rationnelle des eaux d'irrigation par le biais des diffuseurs enterrés et leurs effets sur une culture de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.)

Douh B.1, Chahbani B. 2, Ksentini M.1, M'Hamdi N. 3, Khila Bhouri S. 1, Mguidich Belhaj A. 1, Belhaj Faarhat K.1, Boujelben A. 1 Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem 4042 Sousse, Tunisie 2 Entreprise Chahbani Technologies CHAHTECH SA 3 École polytechnique de Montréal, Canada

### RESUME

Un grand défi pour le secteur agricole est produire plus de la nourriture avec moins d'eau, en particulier dans les régions arides et semi-arides qui souffrent de pénurie de l'eau, des ressources en eau limitées en plus d'une faible pluviométrie annuelle, des températures élevées et une faible humidité. La principale source pour fournir de l'eau nécessaire à la croissance des plantes demeure l'irrigation. Cette étude vise à étudier l'effet de différentes doses d'irrigation (100%, 50% et 25% de l'ETc) apportées par des diffuseurs (Chahtech) enterrés à 10 cm sous la surface du sol sur la dynamique de l'eau dans le sol et le développement de quelques paramètres agronomiques d'une culture de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L., Var. Spunta). L'essai a été conduit au sein du domaine expérimental de l'Institut Supérieure Agronomique de Chott Mariem (Longitude 10°38'E, Latitude 35°55'N, altitude 15 m), de Mars à juin 2013. La teneur en eau du sol a été mesurée moyennant la méthode gravimétrique. Ainsi le stock d'eau dans le sol a été calculé pour chaque traitement afin de trouver la dose optimale qui permet un bon développement végétatif sans pertes d'eau par évaporation et par drainage. Mots clés : Diffuseurs enterrés, régions arides, doses d'irrigation, pomme de terre, teneur en eau, stock d'eau.

### 1. INTRODUCTION

La Tunisie est caractérisée par un climat aride à semi-aride, ses sources en eau sont limitées et les besoins en eau sont en croissance particulièrement en agriculture qui utilise plus que 80% de ces ressources pour l'irrigation. Ces dernières années, l'irrigation localisée a connu un plein succès et permet de cultiver les zones semi-arides à arides. Elle permet d'économiser l'eau et de maintenir de bonnes conditions phytosanitaires pour

la culture, nécessite peu de main d'œuvre, facilite les travaux cultureux et augmente les rendements par rapport à l'irrigation de surface (FAO, 2002). L'irrigation localisée souterraine constitue une variante de l'irrigation localisée traditionnelle et consiste à placer les conduites sous la surface du sol, à une profondeur qui dépend de la nature du sol et du développement du système racinaire de la plante (Douh et Boujelben, 2010). Le présent travail consiste à

conduire une culture de pomme de terre sous l'irrigation localisée par les diffuseurs enterrés en variant les doses d'irrigations à savoir 100%, 50% et 25% de l'ETc respectivement TD100, TD50 et TD25. Nos objectifs sont l'étude de la dynamique de l'eau dans le sol et l'évaluation de l'effet des différentes doses d'irrigation sur le développement des paramètres agronomiques de la culture de pomme de terre.

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Caractérisation des diffuseurs

Pour avoir une idée sur la tolérance des diffuseurs aux variations de la pression, il faut déterminer le coefficient caractéristique du diffuseur. Ce coefficient ( $x$ ) est un paramètre compris entre 0 et 1. Lorsque ce coefficient ( $x$ ) tend vers 0, le diffuseur est tolérant aux variations de la pression et lorsqu'il tend vers 1, on dit que le diffuseur est sensible aux variations de la pression. Le coefficient caractéristique de diffuseur est déterminé par cette relation:  $Q = k Hx$  (1)  $Q$  : débit du diffuseur ;  $k$  : constante ;  $x$  : coefficient caractéristique ;  $H$  : pression à l'entrée du diffuseur.

Pour avoir une idée de l'efficacité des diffuseurs et pour étudier l'homogénéité de la répartition de l'eau, il suffit de calculer le coefficient d'uniformité (CU). Plus le coefficient est élevé, plus la répartition est meilleure. La détermination de ce coefficient d'uniformité a été effectuée en suivant cette procédure qui consiste à mesurer le débit au niveau de 9 diffuseurs bien répartis sur trois rampes. Sur chaque rampe trois points ont été sélectionnés dont le premier est au début de la rampe, le deuxième est au milieu de la rampe et le troisième à la fin de la rampe. Ensuite, la mesure du débit de chaque diffuseur a été réalisée sous deux pressions successives de 1 bar et de 1,5 bar. Le coefficient d'uniformité de Christiansen (CU) est un indicateur qui suit une échelle de 0 à 100% reflétant l'uniformité de la distribution des eaux d'irrigation et se calcule comme suit : (2)

$q_i$  : Débit au point  $i$  ;  $q_m$  : Débit moyen ;  $n$  : Nombre de point de mesure.

### 2.2. Détermination de la teneur en eau dans le sol

Pour suivre la zone d'humectation sous les goutteurs et les diffuseurs, déterminer la profondeur de bulbe du sol humecté et mesurer la variation de la teneur en eau volumique du sol, nous avons adopté la méthode gravimétrique. Des échantillons du sol ont été prélevés aux profondeurs de 20, 40 et 60 cm, à des rayons de 10, 20 et 40 cm du goutteur. Ces prélèvements sont effectués à raison de deux fois par semaine.

### 2.3. Matériel végétal

Dans ce travail nous allons étudier le comportement de

la culture de la pomme de terre (*Solanum tuberosum*L.), variété Spunta. La plantation a eu lieu le 21 Février 2013 avec un écartement entre les goutteurs de 40 cm et un écartement entre les rampes de 80 cm. Plusieurs essais ont été réalisés à la parcelle en appliquant le même protocole expérimental pour les différents traitements. Quelques paramètres agronomiques de la culture de pomme de terre ont été mesurés pour chaque traitement. Les mesures de la surface foliaire sont effectuées de façon hebdomadaire. Les mesures sont réalisées sur trois plantes prélevées au hasard pour chaque traitement. Pour mesurer la surface foliaire, il suffit d'utiliser un planimètre analogique. Pour le suivi du rendement, on a choisi cinq plantes par traitement. Les tubercules de la pomme de terre sont pesés par une balance de précision. Ainsi le rendement moyen par plante et par  $m^2$  ont été déterminés.

### 2.4. Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel SPSS. Pour toutes les données concernant les effets de la profondeur d'enfouissement et la dose d'irrigation sur l'évolution du stock d'eau dans le sol et les paramètres agronomiques de la culture de la pomme de terre. Pour les analyses de la comparaison des moyennes, on a utilisé le test S-N-K pour un seuil  $\alpha=5\%$ .

## 3. RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1. Caractérisation des diffuseurs

La détermination de la tolérance des diffuseurs aux variations de la pression a été basée avec un calcul des deux paramètres  $x$  (coefficient caractéristique) et la constante ( $k$ ).  $Q = 1,24 Hx$  (3) En se référant au tableau de classification de  $C_u$ , les deux coefficients  $C_u$  dépassent 90%, ce qui justifie la bonne uniformité des diffuseurs et de l'absence de problème de colmatage au moment du suivi. Même avec une variation de pression, les deux coefficients restent très élevés avec des valeurs de 95,6 et 96,3% à une pression de 1 et 1,5 bar.

### 3.2. Variation de la teneur en eau dans le sol pour les différentes doses d'irrigation

Les figures 1(a), 1(b) et 1(c) présentent les courbes de la teneur en eau dans le sol mesurées pour différentes positions par rapport au goutteur respectivement à 10, 20 et 40 cm en fonction de la profondeur pour le traitement TD100, TD50 et TD25 respectivement. A 10 cm de profondeur, on enregistre une teneur en eau la plus élevée autour du goutteur qui est égale à 21, 15,5 et 14,5% respectivement pour TD100, TD50 et TD25. En s'éloignant 20 cm du goutteur, elle atteint 17, 14,5 et 13,5% et en s'éloignant 40 cm du goutteur elle

enregistre 15, 14,5 et 12,5% respectivement pour TD100, TD50 et TD25. A 30 et à 50 cm de profondeur, la teneur en eau la plus élevée est au niveau de la couche superficielle (0-20 cm) puis elle décroît en s'éloignant du goutteur. Cette chute de la teneur en eau au niveau des deux horizons (20-40 cm) et (40-60 cm) est due à l'extraction racinaire et le développement du système racinaire des plantes. L'étude des courbes de la teneur en eau dans le sol pour les différentes positions par rapport au goutteur dans le cas de l'irrigation localisée par les diffuseurs à une profondeur de 5 cm avec des différentes doses d'irrigation montre que la teneur en eau la plus élevée est enregistrée au niveau du goutteur pour le traitement TD100.

### 3.3. Évolution du stock d'eau dans le sol en fonction du temps

Grâce aux différentes mesures des valeurs de la teneur en eau du sol à différentes profondeurs et à différents points, nous avons déterminé le stock d'eau dans le sol et suivi son évolution en fonction du temps. La figure 2 présente la variation des stocks d'eau dans le sol autour du goutteur pour les diffuseurs enterrés à 5 cm avec des différentes doses TD100, TD50 et TD25. Les mesures enregistrées montrent que le stock d'eau dans le sol résultant du traitement TD100 était plus important par rapport aux autres traitements T50 et TD25. Le stock d'eau pour TD50 fluctuait entre 29000 et 57000 cm<sup>3</sup>/plante, ainsi pour TD25 le stock variait entre 28000 et 56000 cm<sup>3</sup>/plante, alors que pour TD100 il variait entre 30000 et 60000 cm<sup>3</sup>/plante. Le test SNK a permis de provoquer que le système d'irrigation à un effet d'eau hautement significatif sur le stock d'eau du sol.

Figure 1. Variation de la teneur en eau dans le sol à 10 cm du goutteur pour TD100, TD50 et TD25 respectivement a, b et c pour différentes profondeurs

Figure 2. Stock d'eau dans le sol pour les traitements TD100, TD50 et TD25

### 3.4. Paramètres agronomiques de la culture de pomme de terre

**Surface foliaire** La détermination de la surface foliaire a été effectuée en prélevant cinq plantes pour chaque traitement et à des différents périodes du cycle végétatif de la pomme de terre. Les mesures ont été réalisées à l'aide d'un planimètre. En effet, la moyenne de la surface foliaire est de l'ordre de  $0,229 \pm 0,084$ ,  $0,1063 \pm 0,09$  et  $0,869 \pm 0,037$  m<sup>2</sup>/plante respectivement pour TD100, TD50 et TD25, donc nous avons enregistré que la surface foliaire pour l'irrigation par des diffuseurs enterrés à 5 cm de profondeur avec 100% ETP est la plus importante (fig.3). Nous concluons que l'augmentation de l'humidité dans le sol

a amélioré le développement végétatif et en particulier la surface foliaire. Les résultats montrent une différence hautement significative au niveau de  $\alpha=5\%$  entre la dose d'irrigation et la surface foliaire. L'analyse statistique par le test SNK a permis de classer l'effet de la dose sur la surface foliaire en deux groupes, le premier comprend TD100 (a) et le second T0, TD50 et TD25 (b).

Figure 3. Effet de la dose d'irrigation sur la surface foliaire moyenne de la culture de pomme de terre

**Rendement de la culture** Pour le suivi du rendement, on a choisit cinq plantes au hasard pour tous les traitements. Les traitements TD100, TD50 et TD25 possèdent respectivement  $13,39 \pm 3,94$ ,  $13,03 \pm 4,99$  et  $10,86 \pm 4,59$  kg/m<sup>2</sup> comme rendement moyen (fig.4).

Figure 4. Rendement de la culture de la pomme de terre en fonction de la dose des diffuseurs

La profondeur d'enfouissement des rampes d'irrigation et la variation des doses d'irrigation n'as pas d'effet significatif sur la variation du poids moyen de la culture de pomme de terre en se basant sur le test SNK au-delà de  $\alpha= 5\%$ .

## 4. CONCLUSION

Les trois traitements TD100, TD50 et TD25 ont été soumis sous les mêmes conditions et les mêmes pratiques culturales mais non plus pour la même dose d'irrigation. Nous avons remarqué que l'irrigation par les diffuseurs enterrés à 5 cm 100% ETP (TD100) provoque une augmentation de la teneur en eau dans le sol de 33% en la comparant TD25 et donne une amélioration du rendement de 19% par rapport à T25, de même pour la surface foliaire ( $0,22 \pm 0,084$  m<sup>2</sup>/plante) qui était significativement plus importante par rapport aux autres traitements.

**Remerciements** : Nous tenons à remercier les personnes qui ont contribué à la réalisation du travail dans le domaine expérimental de l'ISA Chott Meriem. Également, nous présentons nos remerciements à l'unité de recherche UR HPE qui a pris en charge les frais de participations au Meeting international «Gestion des Ressources et Applications Biotechnologiques en Aridoculture et Cultures Oasiennes: Perspectives pour un Développement Durable des Zones Arides».

Revue des Régions Arides - Numéro Spécial - n° 35 (3/2014) - Actes du 4ème Meeting International "Aridoculture et Cultures Oasisennes : Gestion des Ressources et Applications Biotechnologiques en Aridoculture et Cultures Sahariennes : perspectives pour un développement durable des zones arides,17-19/12/2013

### Effects of surface and subsurface drip irrigation on agronomic parameters of potato under Tunisian climatic condition

A. Mguidich Belhaj, B. Douh Mhamdi, S. Khila Bhour S, N. Manaa, A. Boujelben High Institute of Agronomy, BP 47, 4042 Chott-mariem, Sousse-Tunisia Email: amelmguidiche@yahoo.fr

Revue des Régions Arides - Numéro Spécial - n° 35 (3/2014) - Actes du 4ème Meeting International "Aridoculture et Cultures Oasisennes : Gestion des Ressources et Applications Biotechnologiques en Aridoculture et Cultures Sahariennes : perspectives pour un développement durable des zones arides, 17-19/12/2013 883-888

**SUMMARY** This study was carried out to determine the effects of different dripline depths on physiological and agronomic parameters of potato under the Mediterranean climatic conditions in Tunisia. Experimental site was located at the Higher Institute of Agronomy of Chott Meriem (Long. 10,56 32° E, Lat. 35,91 91° N, Altitude 15 m a.s.l.) on a sandyloam textured soil. Irrigation treatments consisted of four different driplines depths (T0: 0m, T5:0.05 m, T15: 0.15 m and T30: 0.30 m). The highest potato yield at dripline depth 15 cm is 2.91Kg m<sup>-2</sup>Water use efficiency had its highest value in T15 0.0044 kg mm<sup>-1</sup> compared to T5 and T30 respectively 0.0043 kg mm<sup>-1</sup>, 0.0034 kg mm<sup>-1</sup> Thus a depth of 0.15 m was recommended for subsurface drip-irrigated potato in the Mediterranean Region under those specific conditions. Keywords: subsurface, potato, yield, water use efficiency.

**RESUME** Cette étude a été réalisée pour déterminer les effets de différentes profondeurs de goutteur sur les paramètres agronomiques de la culture pomme de terre dans les conditions climatiques méditerranéennes en Tunisie. L'expérience a été menée à l'Institut Supérieur d'Agronomie de Chott Meriem (Long 10,5632 ° E, Lat. 35,9191 ° N, Altitude 15 m) sur un sol de texture limoneux sableux. Les essais sont composés de quatre lignes de goutteurs de profondeurs différentes (T0: 0 m, T5: 0,05 m, T15: 0,15 m et T30: 0,30 m). Le rendement de la pomme de terre irriguée à 15 cm de profondeur est 2,91 kg m<sup>-2</sup>. L'efficacité d'utilisation de l'eau a eu sa plus forte valeur en T15 0,0044 kg mm<sup>-1</sup> par rapport à T5 et T30 respectivement 0,0043 kg mm<sup>-1</sup>, 0,0034 kg mm<sup>-1</sup>. Ainsi, une profondeur de 0,15 m a été recommandée pour l'irrigation pomme de terre irriguée à la goutte à goutte dans la région méditerranéenne dans ces conditions particulières. Mots-clés: pomme de terre, rendement, efficacité d'utilisation de l'eau.

#### 1. INTRODUCTION

The national water strategy of Tunisia focuses on water as a prime natural resource, a basic human need and previous naturel asset. It is vital for the achievement of a full potential of Tunisia agricultural sector in order to get self-sufficiency and security. The demand for water is increasing both in agriculture and in particular in municipal sector at significant rates. it inevitable and necessary to pay attention to the abnormal consumption of water resources (Najafi, 2002). Field water management practices are the most influential factor affecting crop yield particularly in irrigated agriculture in arid and semi arid regions (Al-Omran et al., 2004). Drip systems are considered the most efficient form of irrigation, if compared with other irrigation methods. As an alternative to the traditional drip irrigation is the subsurface drip irrigation (SDI), defined by the American Society of Agricultural Engineers (ASAE, 1996) "the application of water below the soil surface through emitters, with discharge rates generally in the same range of the drip irrigation". Although SDI is one of the oldest modern irrigation methods (House, 1920), relatively recent advance in plastic technology and SDI equipment's have made it more affordable and long lasting (Camp, 1998). SDI allows reducing health hazards when recycled wastewaters are used for irrigation and also the contamination of groundwater when the plants are correctly managed. Placing emitters below the ground surface also allows controlling weeds, to save water and to reduce soil evaporation. The agronomic response of the crop to irrigation with SDI is needed to be able to evaluate the economic and technical feasibility of using SDI under local conditions. The results will also be discussed in the context of other similar work at other locations. The Research supplements a larger body of knowledge. In some cases, existing information about SDI use in other regions and with other crops has been transferable. In other cases, it has not. As in many parts of the world, the interaction of climate, soils, and crop production

presents unique arrangements that require local research to adjust the production systems.

This study was conducted at the Higher Institute of Agronomy of ChottMeriam, Tunisia. It carried out to determine the effects of different dripline depths on physiological and agronomic parameters of potato under local condition.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. Site description and field measurements

Experiments were carried out at the Higher Institute of Agronomy of ChottMariem, Tunisia (Long. 10,5632° E, Lat. 35,9191° N, Altitude 15 m a.s.l.) The climate is tropically Mediterranean characterized by annual precipitation of 230 mm and an annual evaporation of 2190 mm from a free water surface. Soil is sandy loam (clay=3.7%, silt=91.1% and sand=5.2%), bulk density of soil was found to be 1.61 g cm<sup>-3</sup> for the layer à 0-80 cm. Potatoes a "Solanum tuberosum L." was seeded on 12 February 2013 with plants spaced 40 cm along the rows and distance between rows of 80 cm. Experiment was carried out on four plots. The four plots were conducted with similar management. Drip tubing (GR Type), have a nominal diameter equal to 16 mm, with coextruded emitter spaced 40 cm apart were installed at depth of 25 cm. Emitter flow rate equal to 4 L h<sup>-1</sup> was discharged at pressure of 100 KPa. The dripline depths were 0 m, 0.05m, 0.15m and 0.30m Climatic data were recorded from a weather station placed about 300 m far from the experimental area. Irrigation was supplied once a week at the beginning of crop cycle and twice a week during the full crop development stage. Measurements leaf areas are performed using a planimeter Windias 2, measurement root length density are performed using code Wit53. Water use efficiency (WUE) was identified as one of the key water use indicators derived in the study of sustainable irrigated agriculture indicators (LE, 1997). The definition focuses farmer's attention on both water use and production and provides an indication of whether the resource has been used effectively. Water use efficiency (WUE) was calculated as the ratio of potato yield (Y) to total crop water use (WU) as suggested by Howell (2000):

$$WUE = Y/WU$$

### 2.2. Statistical analysis

Collected data in this study were analyzed and examined statistically using analysis of variance (ANOVA) from the Statistical Analysis System (SPSS 17.0 for Windows) appropriate for a randomized complete block design. Means were compared by the Student Test at the 5% level of significance.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1. Plant's growth

Figure 1 showed the effects of different depth driplines on plant's heights. It proved that the irrigation system hasn't significant effect on the plant height growth. Certainly, the highest values are registered on the SDI buried at 5cm. The averages are of 31.25 cm, 40 cm 37.5 cm and 38 cm respectively for T0, T5, T15 and T30.

Figure 1. Dripline depths effects on plant's heights

### 3.2. Leaf area

Figure 2 showed dripline depth effects on leaf area. The highest leaf area was obtained in T0 treatment with 942.4 cm<sup>2</sup>/plant. The other treatment T5, T15 and T30 have 784.5cm<sup>2</sup>/plant, 802.9 cm<sup>2</sup>/plant and 459 cm<sup>2</sup>/plant respectively.

Figure 2. Dripline depths effects on leaf area

### 3.3. Potato yield

Dripline depth on potato yield was presented in figure 3 showed that the difference is not significant the average potato yield is 2.49 Kg m<sup>-2</sup>, 2.84 Kg m<sup>-2</sup>, 2.91Kg m<sup>2</sup> and 2.24 Kg m<sup>-2</sup> respectively for treatments T0, T5, T15 and T30. yield in subsurface drip irrigation is more important than drip irrigation this is confirmed by Douh and Boujelben (2010) proved that SDI buried at 0.2 m allowed an eggplant yield grain of 40% compared to the surface drip irrigation system. Lamm and Trooien (2003) proved in squash fruit, yield increase due to subsurface drip irrigation which was 19.9% over the surface drip irrigation.

Figure 3. Dripline depths effects on potato yield

### 3.4. Root length density

The average root length density was 0.063 cm cm<sup>-3</sup>, 0.033cm cm<sup>-3</sup>, 0.0271cm cm<sup>-3</sup> and 0.039cm cm<sup>-3</sup> respectively for T0, T5, T15 and T30. The lowest value of root length density in treatment T15 can be explain by the water content in the root zone equal to the need of plant so it not necessary to extent root to show water.

Figure 4. Dripline depths effects on root length density

### 3.5. Water Use Efficiency

There was no significant WUE difference between the treatments. the drip irrigation system buried at 0.15 m had the higher WUE had its highest value in T15 0.0044 kg mm<sup>-1</sup> compared to T5 and T30 respectively 0.0043 kg mm<sup>-1</sup>, 0.0034 kg mm<sup>-1</sup>. the yield potential of potato was reduced by soil moisture stress and consequently on the yield and WUE of potato. In addition subsurface drip irrigation allows uniform delivery of water directly to the plant root zone. This can increase use efficiency over other irrigation methods. These consistently large water

productivities obtained in this study are further evidence that drip line depth from 0.05 m to 0.30 m are probably acceptable on his soil type and climatic of potato production when the crop is fully irrigated.

Figure 5. Dripline depths effects on water use efficiency

The WUE values of this study were lower than some values reported in the literature (Howell et al.,1989).These differences could be explained by the fact that this study was conducted in more arid environment. Katarji and Hallaires (1984), in their synthesis on indicators of crop water status, demonstrated that soil water status assessed through criteria like soil water content, volume of water supply, humidity, or soil water potential constitute an imperfect parameter to characterize real plant water status, and its leads consequently to variability in WUE. They recommended the use of leaf water potential or pre – dawn leaf water potential in order to identify the actual water crop scheduling and to guide water supply. Under these condition, yield, crop water use and, in consequence, WUE should present more stable values. Condon and al.2002 added that there is no consistent relationship between plant production and WUE. It may therefore be further concluded that for conditions where high WUE is an advantage because it is a marker for low water use, selection for the preferred plant type can be done by directly selecting for small plant size, small leaf area, or reduced growth duration.

#### 4. CONCLUSION

This study is to treat the effect of subsurface and surface drip irrigation on the physiological and agronomic parameters of potato under Tunisian climatic condition.the drip irrigation system buried at

0.15 m had the higher WUE had its highest value in T15 0.0044 kg mm<sup>-1</sup> compared to T5 and T30 respectively 0.0043 kg mm<sup>-1</sup>, 0.0034 kg mm<sup>-1</sup>. Subsurface drip irrigation system buried at 0.15m allows uniform soil moisture; minimize evaporative loss and delivery water directly to the plant root zone improving yield characters.Thus a depth of 0.15 m was recommended for subsurface drip irrigated potato in the Mediterranean region under Tunisian specific conditions.

#### RÉEFERENCES

- American Society of Agricultural Engineering (ASAE). (1996.I) : Soil and water terminology,43rdEd.,S 526.St. Joseph, Mich -AL Omran,A.M, Falath AM,Sheta AS and Al Harbi AR. (2004) : The use of clay Deposits in Drip irrigation system for water conservation.International conference, water Resources and Arid Environnement. -Camp,C.R. (1998) :”Subsurface drip irrigation: A review.”Trans.ASAE, 41(5),1353-1367. -Condon, A.G., Richards, R.A., Farquhar, G.D. and Rebetzke, G.J. (2002) : Improving intrinsic water-use efficiency and crop yield. Crop Science 42, 122-131 -Douh B; Boujelben A. (2010) : Etude de l’irrigation localisée souterraine sur la culture d’aubergine, Edition Universitaire Européennes, Numero6001,124p -House, E.B. (1920) : Irrigation by means of underground porous pipes. Colorado Experiment Station Bulletin, Color.
- Howell T.A.; Coeplant K. S.; Schneider A.D., and dusesk, D.A. (1989) : Sprinkler irrigation management for corn-southern Greatn Plains. Amer.Soc.ofAgrEng, 32 (160) 147-154. -Howell, T. A. (2000) : Irrigation’s role in enhancing water use efficiency. In Proc. 4th Decennial Natl. Irrigation Symp., 66-80. eds. R. G. Evans, B. L. Benham, and T. P. Trooien. St. Joseph,Mich.: ASAE. -Katerji, N., Hallaire, M. (1984) : The variables used in the EIS Reference of the supply can crop. Agronomic 4, 999-1008, Agron.,4,10,999-1008. -Lamm, F.R., Trooien, T.P. (2003) : Subsurface drip irrigation for corn productivity: a review of 10 years of research in Kansas, Irrig.Sci.22 195-200. -LE, Indicators of sustainable irrigated agriculture, Reporte No 2720/1, prepared for MAF policy, Lincoln Environmental, a division of Lincoln Ventures Ltd, 1997. -Najafi, P. (2002) : Assesment of optimum model of using treated wastewater in irrigation of some crops.Ph.D. Diss, Khoragan Azad Unversity Isfahan, Iran, 2003.304 pp.

#### **Gestion de l’irrigation à l’eau salée : étude de cas de pomme de terre et de petit pois cultivés en intercalaires avec l’olivier dans le sud tunisien**

N. Ben Hassen<sup>1</sup>, F. El Mokh<sup>1</sup>, K. Nagaz<sup>1</sup>, M.M. Masmoudi<sup>2</sup>, N. Ben Mechlia<sup>2</sup> <sup>1</sup>Institut des Régions Arides, 4119 Médenine, Tunisie. <sup>2</sup>Institut National Agronomique de Tunisie, Tunisi, Tunisie Email: Nagaz.Kameleddine@ira.rnrt.tn; nadiabenhassen1@hotmail.fr

Revue des Régions Arides - Numéro Spécial - n° 35 (3/2014) - Actes du 4ème Meeting International ‘‘Aridoculture et Cultures Oasisennes : Gestion des Ressources et Applications Biotechnologiques en Aridoculture et Cultures Sahariennes : perspectives pour un développement durable des zones arides,17-19/12/2013 905

**RESUME :** Ce travail porte sur l’étude de la gestion de l’irrigation à l’eau salée des cultures de pomme de terre d’automne et de petit pois cultivés en intercalaires avec l’olivier. L’objectif étant de développer une

stratégie d’irrigation à l’eau salée de pomme de terre et de petit pois cultivés en intercalaires avec l’olivier permettant d’optimiser la gestion des cultures et de l’eau d’irrigation.Les expérimentations ont été menées

dans une ferme de production sur la pomme de terre d'automne et le petit pois cultivés en intercalaires avec l'olivier sur un sol sableux et irrigués au goutte à goutte avec des eaux provenant d'un puits de surface ayant une CEi de 6 dS/m. Trois régimes d'irrigation ont été appliqués. Le premier traitement (SWB100) consiste à délivrer à la culture intercalaire 100% de l'ETc. L'autre traitement (DI60) consiste à ne délivrer que 60% des besoins réels de la culture. Le troisième traitement (FM) a été irrigué selon la conduite recommandée par l'agriculteur pour l'irrigation de pomme de terre et de petit pois. Les résultats obtenus montrent que le régime d'irrigation SWB100 réduit la salinité du sol par rapport à celui déficitaire (DI60) et la méthode agriculteur (FM). La couverture du sol, la conductance stomatique, la photosynthèse nette, le rendement et ses composantes les plus élevés sont obtenus avec le traitement SWB100. Cependant, les traitements DI60 et FM augmentent la salinité du sol et réduisent considérablement les rendements de pomme de terre et de petit pois. La salinité du sol élevée associée avec ces traitements provoque des réductions importantes dans la couverture du sol, la conductance stomatique, la photosynthèse nette et les composantes du rendement. La productivité de l'eau (WP) est, également, affectée par les traitements d'irrigation. Les faibles efficacités ont été observées pour le traitement FM, tandis que les valeurs les plus élevées ont été obtenues avec traitement déficitaire DI60. Ces résultats indiquent que le traitement SWB100 semble constituer une stratégie d'irrigation adéquate pour la production de la pomme de terre d'automne et de petit pois cultivés en intercalaires avec l'olivier. Dans des conditions de pénurie d'eau, l'irrigation déficitaire avec une réduction de 40% des besoins (DI60) est recommandée pour la conduite des cultures. Le traitement DI60 permet d'économiser de grandes quantités d'eau d'irrigation (40%) et d'améliorer la productivité de l'eau mais en acceptant une certaine chute du rendement. Mots-clés: Eau salée, pilotage d'irrigation, pomme de terre, petit pois, rendement, productivité de l'eau, cultures associées, aride.

**SUMMARY** This work is devoted to the study of irrigation management with saline water of potato and peas cultivated between the olives trees in arid areas. The objective is to develop irrigation management strategy of these crops allowing to optimize crops and irrigation water productivity management. Experiments were carried out in a commercial farm on fall potato and peas cultivated in intercropping system with olive-trees on a sandy soil and drip-irrigated with water having an ECi of 6 dS/m. Three irrigation treatments were applied: the first treatment (SWB100) consisted in providing 100% of Etc of annual crop. The second

treatment is irrigated at the same frequency as treatment SWB100, but with quantities equal to 60% of crop water requirements (DI60). The third treatment (FM) was irrigated according to farmer irrigation practice. The experimental results show that SWB100 treatment reduced the soil salinity. However, DI60 and FM treatments increased soil salinity. Plant growth, dry matter, yield and its components were highest under SWB100 treatment. However, deficit irrigation treatment (DI60) increased soil salinity and reduced significantly potato and peas yields. A higher salinity associated with deficit irrigation caused important reductions in ground cover, stomatal conductance, net photosynthesis and yield components. The Water productivity was affected by irrigation treatments. Water use efficiency for potato and peas production obtained under deficit irrigation treatment (DI60) is significantly different with SWB100 and FM treatments. The low efficiencies were observed for treatment FM, while the highest values were obtained with treatment DI60. Results indicate that SWB100 treatment seems to be an adequate irrigation strategy for potato and peas production between olive-trees under the arid conditions of Tunisia. In case of situations where water supply is limited, potato and peas irrigation water requirements could be reduced by adopting a deficit irrigation strategy DI60 with a reduction of water supply by 40%. The deficit irrigation treatment (DI60) saves large irrigation water amounts (40%) and improves water productivity but with potato and peas yield losses of about 23 and 14%, respectively. Key words: Saline water, irrigation scheduling, potato, peas, yield, water productivity, intercropping system, arid.

## 1. INTRODUCTION

Dans les régions arides de la Tunisie, l'irrigation de plusieurs cultures sensibles au stress hydrique et salin se développe autour des puits de surface qui exploitent les nappes phréatiques ayant une salinité élevée. Cependant, l'utilisation des eaux salées dans ces périmètres sans aucune mesure préventive vis à vis de la salinisation des sols conduit à terme à une baisse de la productivité des terres. Ainsi, l'impératif d'économie d'eau et d'utilisation durable de ces ressources nécessite l'adoption par les agriculteurs d'une tactique de gestion de l'eau et de culture axée sur la rareté croissante de cette ressource. Les possibilités d'adaptation visant la durabilité d'utilisation des eaux salées dans des conditions des déficits hydriques marqués pourraient être axées sur l'utilisation de méthode de pilotage d'irrigation appropriée et de techniques modernes d'irrigation (goutte à goutte) et également le développement des stratégies pour la conduite de leur système de cultures permettant



d'adapter l'utilisation de l'eau à sa disponibilité. Le développement de l'irrigation dans la région s'est traduit par une extension des cultures maraîchères, cultivées notamment en intercalaire dans les plantations d'oliviers et a provoqué la surexploitation des nappes qui commence déjà à se faire sentir. **La généralisation du goutte à goutte n'a pas réduit la pression sur les nappes phréatiques puisque l'efficacité élevée de ce système n'est pas toujours exploitée et la sur-irrigation constitue une aberration observée dans plusieurs situations.** La nécessité d'adapter la méthode de pilotage adoptée par les agriculteurs pour qu'elle tienne compte de la demande climatique, des spécificités de culture non totalement couvrante et de la salinité élevée de l'eau d'irrigation est évidente. L'adoption des systèmes de cultures intercalaires par les agriculteurs constitue une approche d'adaptation pour atténuer la mauvaise utilisation de l'eau d'irrigation notée dans la monoculture dans le contexte de sud tunisien où les ressources en eau sont limitées. Cependant, la gestion de l'eau d'irrigation des cultures associées reste très empirique étant donné qu'il n'a pas d'outils scientifiques et techniques concernant les pratiques de gestion de l'irrigation en système de cultures associées en milieu aride du sud tunisien. L'adoption de cette approche technique par les agriculteurs, comme forme d'adaptation et de gestion des ressources en eau existantes, nécessite des travaux de recherche auprès des agriculteurs pour améliorer ces pratiques et de mettre en place une méthodologie opérationnelle concernant les stratégies d'irrigation des cultures associées et combler par conséquent le manque de connaissances au sujet des pratiques et de gestion de l'irrigation en système de cultures associées en milieu aride du sud tunisien. Le présent travail porte sur la gestion de l'irrigation à l'eau salée de la pomme de terre d'automne et de petit pois cultivés en intercalaires avec l'olivier en milieu aride dans le but de réduire les risques de dégradation du sol et d'améliorer la productivité de l'eau.

**2. MATERIELS ET METHODES** L'expérimentation a été menée chez un agriculteur dans le Sud-est de la Tunisie (Médenine). Il s'agit, en effet, d'un verger d'olivier planté en 2003 avec une densité de plantation 24x24 m cultivé sur un sol de texture sableuse. Le sol est de type iso humique brun, formé d'un horizon moyennement profond reposant sur un encroûtement gypseux à une profondeur moyenne de 80-100 cm. La pente du terrain est faible (3 à 5 ‰). Il est constitué de 80.55% de sables, de 6.77% d'argile et de 12.68% de limon. Le sol présente par ailleurs de faibles teneurs en matière organique (< 8 g/kg). Les cultures maraîchères considérées sont la pomme de terre et le petit pois. Elles ont été cultivées en intercalaire avec l'olivier et

irriguées avec des eaux qui proviennent d'un puits de surface ayant une salinité de 5.9 dS/m.

L'humidité du sol à la capacité du champ et au point de flétrissement permanent est de 11.522 et 6.758 %, respectivement. La densité apparente du sol est de 1.574 g/cm<sup>3</sup>. L'eau totale disponible, pour une profondeur de 1.00 m, est de 75 mm. La conductivité électrique de l'extrait de la pâte saturée du sol (CE<sub>e</sub>) mesurée à la plantation de la pomme de terre est de 3.51dS/m, et de 4.7, 4.9 et 5.5 dS/m à la plantation de petit pois, respectivement, pour les parcelles irriguées avec les traitements SWB100, DI60 et FM. Les cultures ont été conduites sur la même parcelle expérimentale avec des périodes de cultures différentes. Sur le plan climatique, la parcelle d'étude est située dans l'étage bioclimatique aride inférieur à précipitations annuelles situées entre 140 et 160 mm. Le régime mensuel des précipitations est irrégulier Une vanne et un compteur volumétrique ont été placés à l'entrée de chaque bloc élémentaire permettant ainsi de mesurer la quantité d'eau d'irrigation délivrée L'eau d'irrigation possède les propriétés chimiques données au tableau 1.

Tableau1. Composition chimique de l'eau d'irrigation (méq/l). CE<sub>i</sub> (dS.m-1) Ca<sup>+++</sup>Mg<sup>++</sup> Na<sup>+</sup> K<sup>+</sup> Co<sup>32-</sup>+HCo<sup>3-</sup> So<sup>4 2-</sup> Cl<sup>-</sup> RS (g/l) 7,6 35.9 22.1 0.62 1.6 12.73 44 4.7

Les cultures de pomme de terre et de petit pois ont été plantées en blocks de 25 lignes entre les rangés d'oliviers et espacées de 0.8 m. Trois régimes d'irrigation ont été considérés. Partant d'un sol à la capacité au champ à la plantation, une fraction de la quantité d'eau évapotranspirée est apportée lorsque la réserve facilement utilisable dans la zone racinaire, prise 40% de la réserve utile, est épuisée. Le premier traitement (SWB100) consiste à délivrer 100 % de l'eau évapotranspirée ramenant ainsi le sol de nouveau à la capacité au champ. Le deuxième (DI60) est un traitement de restriction hydrique continue de 40% par rapport à l'irrigation totale et consiste à ne délivrer que 60% des quantités données pour le traitement SWB100. Le dernier traitement (FM) correspond à la pratique de l'irrigation adoptée par l'agriculteur avec des doses et des fréquences d'irrigation fixes. La fertilisation a consisté à un apport homogène, avant la plantation, de 7.7 t/ha de fumure organique. Quant à la fertilisation minérale, elle a été conduite selon la pratique adoptée par l'agriculteur. Les apports ont été de 200 kg/ha d'azote, 200 kg/ha de phosphate et de 150 kg/ha de potasse pour tous les traitements. Les engrais P et K ont été apportés avant la plantation, l'azote a été fractionné et délivré dans l'eau d'irrigation durant la période allant de la levée jusqu'à l'initiation des tubercules de pomme de terre et durant la phase de

développement pour le petit pois. Une quantité de 100 kg/ha de nitrate de potassium a été apportée après la phase de tubérisation pour la culture de pomme de terre. Les apports d'eau ont été calculés par la méthode du bilan hydrique. L'évapotranspiration de la culture est estimée en utilisant la méthode de la FAO-56 (Allen et al 1998) avec le coefficient cultural (Kc). Un modèle du bilan hydrique fonctionnant au pas de temps journalier a ainsi été développé sous forme d'une feuille de calcul Excel. Le modèle estime les valeurs de la profondeur d'enracinement et du pourcentage de couverture, calcule toutes les composantes du bilan hydrique, et fournit une consigne d'irrigation lorsque 60% de la réserve utile sont épuisés (100-ETc). Les mesures effectuées ont porté sur la couverture du sol, la conductance stomatique, l'assimilation photosynthétique nette, l'humidité et la salinité du sol à différentes périodes de cycle de la culture de la pomme de terre et de petit pois. A la récolte, le rendement et ses composantes ont été déterminés. La salinité du sol a, également, été évaluée.

### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1. Evapotranspiration de la culture (ETc)

La figure 1 présente l'évolution de l'évapotranspiration de référence (ETo) et l'évapotranspiration de la culture (ETc) de la pomme de terre d'automne et de petit pois. Pour la pomme de terre d'automne, correspondant à une plantation en septembre (9/9/2011), l'ETo est décroissante et se stabilise en novembre à des valeurs relativement faibles. Durant la phase initiale (25 jours), et bien que la culture ne soit pas encore bien développée, les valeurs de l'ETc sont relativement élevées à cause du mouillage fréquent du sol par irrigation ou précipitation. La valeur moyenne de l'ETc durant ce stade est de l'ordre de 2,88 mm/j. L'ETc moyenne augmente durant la phase de développement et atteint sa valeur maximale au stade mi-saison (3.75 mm/j). Pendant le stade final, correspondant à la sénescence des feuilles, l'ETc diminue quoique les valeurs enregistrées restent relativement élevées à cause de la contribution de l'évaporation directe du sol. Cette période est caractérisée par une valeur moyenne de l'ETc de l'ordre de 2,28 mm/j. La culture de petit pois est cultivée durant une période où la demande climatique évolue d'une manière croissante. Pour cette culture l'évapotranspiration de la culture est faible durant la première phase correspondant au mois de février et suit celle de l'ETo par la suite. Durant la phase initiale, la valeur moyenne journalière de l'ETc est de l'ordre de 1.65 mm. Au fur et à mesure que la plante se développe, l'ETc augmente et atteint une valeur moyenne de 4.96 mm/j pendant la phase mi-saison. La valeur moyenne de l'ETc durant la phase finale est de 4.78 mm/j. La valeur élevée pendant cette

phase résulte des effets conjoints d'une forte demande évaporative et d'une fréquence d'irrigation élevée.

Figure 1. Evapotranspiration journalière de référence (ETo) et de la culture (ETc) de la pomme de terre d'automne (09/09/2011-01/01/2012) et de petit pois (26/01/2012-23/04/2012).

#### 3.2. Apports hydriques

Le tableau 2 présente le nombre et l'intervalle d'irrigation ainsi que les quantités d'eau d'irrigation apportées durant les périodes de croissance des cultures de pomme de terre et de petit pois irriguées à 100 % de l'ETc (SWB100). Durant la phase initiale, le nombre des irrigations pratiquées pour la culture de pomme de terre est de 6 irrigations contre 3 pour celle de petit pois. Les quantités d'eau appliquées sont respectivement de 45 et 20 mm pour les cultures de pomme de terre et de petit pois (Tableau 2). Pour les deux cultures, les irrigations sont relativement fréquentes pendant les stades de mi-saison et final. Les quantités d'eau apportées durant la phase de développement sont de 77 et 44 mm, respectivement, pour les cultures de pomme de terre et de petit pois; tandis que pendant les phases de mi-saison et finale, les quantités d'eau d'irrigation pratiquées sont de 89 et 126, et 57 et 65 mm, respectivement, pour la pomme de terre et le petit pois (Tableau 2). Pour le traitement déficitaire (D160), les irrigations ont été pratiquées à la même fréquence que celle de SWB100 mais avec des quantités réduites de 40% par rapport à l'irrigation totale pendant les différentes phases de croissance des trois cultures de pomme de terre. Avec le traitement SWB100, les apports d'eau d'irrigation ont été de 268 et 255 mm, respectivement, pour la pomme de terre et le petit pois. Le suivi de l'irrigation a permis également de déterminer les apports d'eau pour la méthode agriculteur où l'irrigation a été pratiquée tous les 4 et 5 jours en apportant 20 et 16 mm, respectivement, pour les cultures de petit pois et de pomme de terre. Les quantités d'eau d'irrigation sont de 340 mm pour le petit pois et de 288 mm pour la pomme de terre.

Tableau 2. Quantité d'eau d'irrigation apportée durant les phases de croissance de la pomme de terre et de petit pois irrigués à 100% de l'ETc (SWB100)

#### 3.3. Bilan hydrique du sol

Les figures 2 et 3 illustrent le tarissement de l'eau dans la zone racinaire estimé par un modèle du bilan hydrique et celui mesuré par la méthode gravimétrique durant les périodes de cultures de pomme de terre et de petit pois. Le modèle développe un bilan hydrique et fournit des informations sur le jour d'irrigation et

l'apport d'eau nécessaire. Ces figures illustrent, également, l'effet de l'augmentation de la profondeur racinaire sur l'eau réellement disponible dans la zone racinaire (RAW) pour les deux cultures. Le tarissement de l'eau dans la zone racinaire à un moment particulier de la saison de culture est donné par les besoins nets d'irrigation pour la période en considération. Généralement, les irrigations sont fréquentes, pour la culture de petit pois, durant les stades de misaison et final où la demande en eau de la culture est élevée, et moins fréquentes au début de son cycle de développement. Pour la culture d'automne, les irrigations sont fréquentes pendant le stade initial suite à une demande évaporative élevée, et relativement fréquentes pendant le stade de mi-saison. Durant le stade final où l'ETc est relativement faible, les irrigations sont moins fréquentes. La méthode du pilotage selon le bilan hydrique du sol maintient le tarissement de l'eau dans la zone racinaire entre la valeur seuil et la capacité au champ. Le déficit hydrique léger observé le jour précédant l'irrigation est dû au fait que l'irrigation n'est pratiquée que lorsque le tarissement de l'eau dans la zone racinaire est supérieur ou égal à l'eau réellement disponible dans la zone racinaire. Pour le traitement SWB100 (pleine irrigation), les deux cultures ont été maintenues dans des conditions hydriques optimales par la pratique des irrigations toujours avant que le tarissement de l'eau dans la zone racinaire dépasse l'eau réellement disponible (Figures 2 et 3). Dans le cas du traitement d'irrigation déficitaire DI60 (60% de l'irrigation totale), le déficit hydrique a commencé environ les 35 et 55ème jours après plantation, respectivement, pour la pomme de terre et le petit pois, et il a été maintenu jusqu'à la récolte des deux cultures. Ainsi, un épuisement marqué des réserves du sol a été observé en fin de cycle pour le traitement DI60. Le tarissement de l'eau dans la zone racinaire lié à la méthode de pilotage agriculteur (FM) pendant les deux périodes de culture montre qu'une sur-irrigation apparaît durant le stade initial et celui du développement où l'ETc est faible; tandis qu'une sous-irrigation se produisait durant les stades de misaison et final caractérisés par une demande élevée. La méthode agriculteur se caractérise par des pertes d'eau pendant les périodes où les besoins en eau sont faibles, et un manque d'eau durant les phases caractérisées par des besoins en eau élevés. Pendant les périodes où l'ET est faible, une surirrigation amène la zone racinaire à une teneur en eau qui dépasse celle à la capacité au champ. Durant les périodes où les besoins sont élevés, l'irrigation est appliquée à un taux inférieur à celui de l'ET et ne couvre pas totalement l'ETc. La plante cherche, ainsi, à utiliser l'eau stockée dans le sol. Cette situation est typique au stade final de la culture de petit pois où

l'eau stockée dans le sol est graduellement épuisée par ET de la culture (Figure 3).

En présence de culture intercalaire seule la partie de l'inter-rang occupée par cette culture est irriguée. On remarque que le tarissement mesuré au niveau des rangs de la pomme de terre cultivée en intercalaire avec l'olivier augmente sensiblement que celui de pomme de terre en culture pure. Cette augmentation du tarissement de l'eau est observée durant toute la saison de culture. Ainsi, l'olivier semble bénéficier d'une certaine quantité d'eau lors de l'irrigation de la pomme de terre (Figure 2), et il y a plus de pression de culture en association parce qu'on a utilisé la même densité de pomme de terre en culture pure et associée. L'évolution de tarissement de l'eau dans le sol a été comparée entre les deux méthodes (Modèle SWB et gravimétrique) (Figures 2 et 3), pour les traitements SWB100, DI60 et FM. On observe qu'il y a une bonne concordance entre les deux méthodes, le modèle développé et la méthode gravimétrique; les différences ne semblent pas être significatives. Le modèle développé est fiable pour prédire le tarissement de l'eau du sol afin de fournir des informations pour une gestion adéquate de l'eau.

Figure 2. Tarissement de l'eau dans la zone racinaire estimé et celui mesuré durant la période de culture de pomme de terre sous les différents traitements hydriques

Figure 3. Tarissement de l'eau dans la zone racinaire estimé et celui mesuré durant la période de culture de petit pois sous les différents traitements hydriques

### 3.4. Salinité du sol

Les mesures de la salinité du sol, exprimé par la C<sub>Ee</sub>, ont été effectuées à différentes périodes des cultures de pomme de terre et de petit pois. Les valeurs moyennes de la salinité du sol sous les traitements de pleine irrigation (SWB100), irrigation déficitaire (DI60) et méthode d'irrigation adoptée par l'agriculteur (FM) sont présentées dans la figure 4. Les valeurs de la salinité du sol à la plantation sont relativement élevées et elles sont de l'ordre de 3.5 dS/m pour la pomme de terre, et de 4.7-5.5 dS/m selon les traitements d'irrigation pour le petit pois. La salinité du sol mesurée sous pleine irrigation (SWB100) pendant les phases de développement (12.10.2011), de mi-saison (10.11.2011) et à la récolte de la pomme de terre (01/01/2012) sont, respectivement, de l'ordre de 2.7, 3.2 et 4.3 dS/m. Pour le petit pois irrigué avec le traitement SWB100, les valeurs de la salinité du sol sont de 2.75, 2.8 et 3.95 dS/m, respectivement, pendant les phases de développement (23.02.2012), de mi-saison (29.03.2012) et à la récolte (23/04/2012). Cependant, les traitements DI60 et FM provoquent une accumulation des sels plus élevée dans la zone

racinaire. Le traitement SWB100 réduit la salinité du sol par rapport au traitement DI60. Bien que les quantités de sels apportées au sol avec le traitement SWB100 soient plus élevées que celles avec le traitement DI60, il présente une salinité du sol inférieure à celui-ci. **Ce fait est probablement dû à une situation de drainage qui favorise l'évacuation des sels** au delà de la profondeur étudiée. La réduction des apports d'eau réduit certes la quantité de sels apportée au sol, **mais elle ne contribue pas à un lessivage efficace du sol**. Les valeurs de salinité du sol les plus élevées sont observées avec le traitement FM où l'irrigation sans rapport avec les besoins de la culture et la fréquence élevée de l'irrigation semblent concentrer des sels dans la zone de racine. Les résultats montrent une diminution de la salinité du sol pendant les phases de développement et de mi-saison des cultures de pomme de terre et de petit pois par rapport à la salinité initiale pour tous les traitements d'irrigation (SWB100, DI60 et FM). Cette réduction est due aux quantités de pluies reçues durant ces périodes de cultures de pomme de terre et de petit pois (67 et 133 mm) qui ont provoqué un lessivage des sels accumulés dans le sol. A la récolte, l'augmentation des valeurs de la salinité du sol pour tous les traitements s'explique par le fait que, durant les stades de mi-saison et final de pomme de terre et de petit pois, les apports d'eau sont principalement par irrigation. Les valeurs de la CEE élevées à la récolte de petit pois s'expliquent, également, par les dates de prise des échantillons qui correspondent à la période de forte demande évaporative. Les valeurs de la salinité du sol sous les différents traitements sont généralement inférieures à celle de l'eau d'irrigation utilisée. Singh et Bhumbra (1968) ont montré que l'accumulation des sels dans le sol dépend de sa texture et que pour les sols dont la teneur en argile est moins de 10 %, les valeurs de la CEE restent inférieures à celle de l'eau d'irrigation utilisée. Ces faibles valeurs s'expliquent également par la nature sableuse du sol qui semble contrebalancer la médiocrité de l'eau d'irrigation et le lessivage du sol par les pluies enregistrées durant les périodes de cultures de pomme de terre et de petit pois qui ont garanti un lessivage du sol.

Figure 4. Evolution de la salinité du sol (CEE, dS/m) sous les différents traitements d'irrigation mesurée à différentes périodes de cultures de pomme de terre et de petit pois.

### 3.5. Etat hydrique de la plante

La figure 5 présente les valeurs de la conductance stomatique exprimées en mol. m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> pour tous les traitements d'irrigation à différentes périodes du cycle de développement de la pomme de terre. Les mesures

ont été effectuées à midi où la demande évaporative est maximale. Les facteurs conditionnant la demande évaporative sont la température et l'intensité de radiation solaire. Les valeurs de la conductance stomatique les plus élevées sont obtenues avec le traitement SWB100. Cependant, les traitements d'irrigation déficitaire (DI60) et la méthode agriculteur (FM) provoquent une réduction de la conductance stomatique par rapport au traitement SWB-100. Cette baisse est de l'ordre de 5.4-8.9, 9.6-15, 11.4-17.2, 14.8-23.2 et 16.7-30.7%, respectivement, pour les traitements DI60 et FM pendant les périodes de mesures (48, 63, 69, 76 et 84 JAP). La réduction de la gs est plus importante avec la méthode adoptée par l'agriculteur. Pour le traitement déficitaire DI60, un déficit hydrique provoqué par l'irrigation en continue avec des apports d'eau réduits et des conditions de demande évaporative relativement élevée se sont traduites par des valeurs de gs les plus faibles. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Scochet al. (1989) et Eraslan et al. (2007) qui ont montré que la conductance stomatique diminue avec l'importance de la contrainte hydrique. D'après Clavet (2000), la diminution de la conductance stomatique semble être étroitement liée à la diminution de la disponibilité de l'eau dans le sol. Ainsi, l'état hydrique du sol semble conditionner les valeurs de la conductance stomatique sous les conditions de demande évaporative observées. La méthode agriculteur a conduit à une augmentation de la salinité dans la zone racinaire. Par ailleurs, La chute de conductance stomatique est probablement due à la salinité du sol élevée associée à la méthode courante d'agriculteur.

Figure 5. Conductance stomatique gs (mol/m<sup>2</sup>/s) mesurée à midi du 48, 63, 69, 76 et 84 ème jour après plantation de la pomme de terre sous les différents traitements d'irrigation. Les valeurs de la photosynthèse nette exprimées en µmol. m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> sous les différents traitements sont présentées dans la figure 6. D'une façon générale, les valeurs de la photosynthèse nette obtenues avec le traitement SWB100 sont plus élevées que celles obtenues avec les traitements DI60 et FM pour toutes les périodes de mesure. Ainsi, le traitement déficitaire DI60 et la méthode agriculteur provoquent des baisses de la photosynthèse nette. A titre d'exemple, les valeurs de la photosynthèse nette mesurées à midi de la 76ème JAP sont 14.76, 13.44 et 11.23 µmol.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> correspondants, respectivement, pour les traitements SWB100, DI60 et FM. Par conséquent, au niveau des traitements FM et DI60 correspondent la photosynthèse nette la plus basse. Holstein et al. (1977), Gallardo et al. (1996) et Younes et al. (2008) ont montré que l'activité photosynthétique baisse avec une restriction

hydrique sévère. La diminution de la photosynthèse nette observée avec les traitements DI60 et FM s'explique par l'influence combinée du déficit hydrique et de la salinité du sol qui conduit à une réduction de la photosynthèse. Ainsi, l'activité photosynthétique chez la pomme de terre baisse avec une restriction hydrique sévère et un niveau de salinité du sol élevé. En effet, la quasi-totalité de la diminution de photosynthèse est due principalement à la réduction de la pénétration du CO<sub>2</sub> limitée par une fermeture des stomates avec pour conséquence une augmentation de la résistance de la feuille à la diffusion du CO<sub>2</sub>.

Figure 6. Photosynthèse nette ( $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) mesurée à midi des 48, 63, 69, 76 et 84 ème jours après plantation de la pomme de terre sous les différents traitements d'irrigation.

### 3.6. Croissance de la plante

La figure 7 présente les valeurs de la couverture du sol mesurée à différentes périodes de cycle de développement de la pomme de terre. Nous constatons que cette culture montre un développement végétatif rapide et important. Cette formation rapide de la végétation est due à un régime thermique favorable au développement de la partie aérienne. D'ailleurs, les températures enregistrées pendant la période où la formation de la partie aérienne se produit, se sont maintenues supérieures à 20 °C, et par conséquent elles sont à l'origine de ce développement rapide et important de la partie végétative. Les températures élevées favorisent la croissance du feuillage et augmentent également l'élongation, le nombre et le poids des tiges. Pour tous les traitements, la couverture du sol atteint sa valeur maximale vers le 48ème JAP et s'est maintenue constante pour une période d'environ trois semaines. Cela met en évidence que cette période dite de "tubérisation" est marquée essentiellement par la croissance des tubercules bien que la formation de la végétation existe même en période de tubérisation. La chute des valeurs de la couverture du sol a débuté vers le 79 ème jour après la plantation et elle est due au dessèchement des feuilles les plus âgées et à l'arrêt de l'émission et de l'élongation des feuilles plus jeunes. L'évolution de la couverture du sol varie selon les traitements d'irrigation. Le traitement SWB100 présente la masse foliaire la plus importante; tandis que les traitements d'irrigation déficitaire (DI60) et d'agriculteur (FM) réduisent significativement les valeurs de la couverture du sol pendant les périodes de mesure. Les différences observées sont attribuées à la chute accélérée des feuilles des plantes moins irriguées. Steyn et al. (1992) ont montré que le stress hydrique retarde le taux de croissance et conduit à une petite couverture du sol par le feuillage. En effet, le stress

hydrique réduit la surface foliaire en favorisant la sénescence des feuilles âgées. Les valeurs différentes de la salinité et de l'humidité du sol peuvent expliquer les réductions de la couverture du sol entre les traitements. Doorenbos et Kassam (1980) et Haverkort (1987) ont rapporté que la pomme de terre est sensible au stress hydrique durant les périodes de formation de stolons, d'initiation et de formation des tubercules. Un stress hydrique, causé par le déficit hydrique ou la salinité, se produisant durant l'initiation de tubercules peut réduire le développement des tiges et des feuilles. Il en résulte une diminution de la surface foliaire (Adams et al, 1987). Alors qu'un stress hydrique pendant la phase de formation de tubercules réduit la surface foliaire en favorisant la sénescence des feuilles les plus âgées. La méthode agriculteur a conduit à une augmentation de la salinité du sol. Par ailleurs, La chute de couverture du sol est probablement due à la salinité du sol élevée associée à la méthode courante d'agriculteur.

Figure 7. Couverture du sol mesurée par la méthode de traitement d'image à différentes périodes de cycle de développement de la pomme de terre d'arrière saison

### 3.7. Rendement et ses composantes

Les conséquences des traitements d'irrigation sur le rendement ont été appréciées à partir des critères analysés à l'échelle de la plante à savoir le rendement en tubercules frais, le nombre des tubercules par m<sup>2</sup> et le poids par tubercule pour la culture de pomme de terre, et le rendement en gousses fraîches, le nombre des gousses par plante et le nombre des graines par gousse pour la culture de petit pois. Les données concernant le rendement et ses composantes sont présentées dans la figure 8 et le tableau 3. Les composantes du rendement étudiées ont été soumises à une analyse statistique en utilisant le test de moindre différence significative "LSD" à un seuil de 5 %. - Pour les rendements en tubercules et en gousses, le traitement SWB100 est significativement différent avec celui déficitaire DI60 et la méthode agriculteur (FM). Ces deux derniers le sont entre eux à un seuil de 5 %. - En ce qui concerne le nombre des gousses par plante, le traitement DI60 et celui d'agriculteur sont significativement différents entre eux à un seuil de 5% et présentent également une différence significative avec le traitement SWB100. Cependant, la différence n'est pas significative entre les trois traitements pour le nombre des graines par gousses. - Pour le poids de tubercules, le traitement SWB100 est significativement différent avec les traitements DI60 et FM à un seuil de 5 %. Ces deux derniers ne le sont pas entre eux. Pour nombre de tubercules/m<sup>2</sup>, le traitement FM est significativement différent avec les traitements

SWB100 et DI60 à un seuil de 5 %; alors que les traitements SWB100 et DI60 ne présentent pas une différence significative entre eux à un seuil de 5%. Les résultats montrent un effet important des traitements d'irrigation sur la production de pomme de terre et de petit pois. Le traitement d'irrigation déficitaire DI60 et la méthode agriculteur sont différents de celui de pleine irrigation (SWB100) pour les critères retenus. Les résultats obtenus montrent que les rendements obtenus varient d'un traitement hydrique à l'autre. Les rendements en tubercules et en gousses les plus élevés ont été obtenus avec le traitement SWB100. Les rendements obtenus avec le traitement SWB100 sont systématiquement différents de ceux du traitement d'irrigation déficitaire DI60 et la méthode agriculteur. La réduction des rendements de pomme de terre et de petit pois avec le traitement DI60 et celui d'agriculteur est attribuée principalement à une diminution significative des composantes du rendement comme conséquence de manque d'eau pendant les périodes où les besoins sont importants. Notons, également, que les traitements D60 et FM conduisent à une accumulation des sels plus élevée dans la zone rainaire (Figure 4). La salinité du sol élevée associée avec les traitements DI60 et FM semble causer des réductions importantes dans le rendement et ses composantes.

Les résultats supportent ainsi la pratique du traitement SWB100 pour une utilisation plus efficace des eaux salées en irrigation de la pomme de terre et de petit pois. L'utilisation optimale de ces eaux en irrigation est liée à la gestion adéquate de l'irrigation qui élimine les conditions du déficit hydrique du sol (Shalhevet, 1984). Les pertes de rendements les plus élevées sont observées avec la méthode agriculteur. Elle est de l'ordre de 37.6 et 28.4% par rapport au régime SWB100, respectivement, pour la pomme de terre et le petit pois. Pour le traitement DI60, la chute par rapport à l'irrigation totale (SWB100) est, respectivement, de 23 et 14% pour la pomme de terre et le petit pois. Cette baisse importante du rendement est probablement due à la salinité du sol élevée associée à la méthode agriculteur. Le mode d'arrosage avec des doses fixes adopté par l'agriculteur simplifie la gestion de l'irrigation mais il provoque une chute des rendements à cause des pertes d'eau qu'il occasionne pendant les périodes de faible demande climatique et les déficits hydriques qui apparaissent durant les périodes où les besoins en eau sont élevés. Un excès d'apport d'eau en conditions de salinité peut causer le lessivage des éléments nutritifs de la zone racinaire ainsi que la salinisation du sol; alors qu'un manque d'eau, surtout durant les périodes les plus sensibles, conduit à une croissance limitée et une réduction dans le rendement et ses composantes. Les rendements obtenus avec le

traitement DI60 sont comparables à ceux du traitement SWB100. Cependant, la différence augmente significativement avec la méthode agriculteur. Ainsi, la tactique d'irrigation déficitaire avec une réduction des apports de 40% des besoins permet d'économiser de quantités relativement importantes d'eau d'irrigation sans affecter le rendement et ses composantes d'une manière significative. Les rendements de pomme de terre montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre la culture pure et en association avec l'olivier bien que le rendement de pomme de terre obtenu avec le traitement SWB100 soit le plus élevé en monoculture qu'en culture associée. Ainsi, l'association des cultures semble mieux valoriser les apports d'eau puisque que l'on trouve un rendement de culture comparable à celui obtenu en monoculture.

Figure 8. Rendement en tubercules frais et des gousses fraîches sous les différents traitements hydriques

Tableau 3. Composantes du rendement de pomme de terre et de petit pois sous les différents traitements hydriques

### 3.8. Productivité de l'eau

Les apports d'eau ont été calculés à partir du temps d'application d'irrigation en considérant que les débits des goutteurs sont constants. La pluie reçue durant la saison de culture est de 67 mm pour la pomme de terre et de 133 mm pour le petit pois. Le tableau 4 présente les quantités d'eau d'irrigation appliquées sous les différents traitements d'irrigation. Notons qu'une irrigation de 45 et 75 mm à la plantation de pomme de terre et de petit pois n'ont pas été considérées dans les quantités calculées. Pour tous les traitements, les apports d'eau d'irrigation varient de 160 à 288 mm pour la pomme de terre et de 153 à 340 mm pour le petit pois. Les quantités d'eau totales se situent entre 227 et 355 mm et 286 et 476 mm, respectivement, pour la pomme de terre et le petit pois. L'efficacité de l'utilisation de l'eau (EUE) est la relation existante entre le rendement obtenu et la quantité d'eau de la plantation jusqu'à la récolte, que ce soit de l'eau d'irrigation ou celle totale apportée y compris les précipitations. Les valeurs d'efficacité d'utilisation d'eau d'irrigation et totale (IWP et TWP) sous les différents traitements d'irrigation sont présentées dans le tableau 4.

Tableau 4. Apports d'eau et productivité de l'eau d'irrigation (IWP) et totale (TWP) pour le rendement de pomme de terre et de petit pois sous les différents traitements d'irrigation

Les résultats montrent que l'efficacité de l'utilisation de l'eau la plus élevée est observée avec le traitement déficitaire DI60 (11.76 et 2.37 kg/m<sup>3</sup>). La méthode

agriculteur (FM) a donné des valeurs de productivité de l'eau les plus faibles (5.30 et 0.89 kg/m<sup>3</sup>). Ces écarts observés dans l'EUE entre les traitements sont dus à la perte de rendement en tubercules frais et gousses fraîches et les différences qui existent entre les quantités d'eau d'irrigation apportées sous les différents traitements hydriques.

Les efficacités pour le rendement en tubercules frais et en gousses fraîches (IWP et TWP) avec le traitement de pleine irrigation (SWB100) sont significativement différentes de l'efficacité obtenue avec le traitement déficitaire DI60 et la méthode agriculteur (FM). Ces deux derniers ne le sont entre eux. Il est évident que la restriction hydrique bien qu'elle ait causé une chute de rendement, elle a entraîné une amélioration considérable de la productivité de l'eau. Les efficacités de l'eau d'irrigation et totale les plus élevées avec le traitement d'irrigation déficitaire DI60 s'expliquent par le fait que la réduction du rendement (23% pour la pomme de terre et 14% pour le petit pois) est plus faible que celle de la quantité d'eau d'irrigation; tandis que les faibles efficacités sont obtenues avec le traitement FM suite à un apport d'eau d'irrigation plus élevé. Le rendement et la productivité de l'eau relativement élevés avec le traitement DI60 montrent une réponse favorable des cultures de pomme de terre et de petit pois à un déficit hydrique modéré.

#### 4. CONCLUSION

L'analyse globale des résultats obtenus dans cette expérimentation montre que le traitement d'irrigation déficitaire (DI60) et la méthode agriculteur (FM) provoquent une accumulation des sels plus élevée dans la zone racinaire. Le traitement SWB100 réduit considérablement la salinité du sol par rapport au traitement déficitaire DI60. Les résultats montrent également que le traitement SWB100 donne la croissance, la conductance stomatique et la photosynthèse nette les plus élevées. Le traitement déficitaire DI60 provoque une réduction significative de ces paramètres par rapport au traitement SWB100 qui pourrait être due à des différences de la salinité et de l'humidité du sol entre ces traitements. La réduction de la croissance, la conductance stomatique et la photosynthèse nette est plus importante avec la méthode adoptée par l'agriculteur. Cette chute est probablement due à la salinité du sol élevée associée à la méthode courante d'agriculteur. Les rendements les plus élevés sont obtenus avec le traitement SWB100. En effet, l'étude montre qu'il est possible d'atteindre des rendements de 24.47 t/ha pour la culture de pomme de terre et 4.22 t/ha pour la culture de petit pois. Cependant, une chute significative du rendement a été observée avec les traitements déficitaires (DI60) et

agriculteur (FM). Les pertes de rendements les plus élevées sont observées avec la méthode agriculteur. Elle est de l'ordre de 37.6 et 28.4% par rapport au régime SWB100, respectivement, pour la pomme de terre et le petit pois. Pour le traitement DI60, la chute par rapport à celui SWB100 est, respectivement, de 23 et 14% pour la pomme de terre et le petit pois. La réduction des rendements de pomme de terre et de petit pois avec le traitement DI60 et celui d'agriculteur est attribuée principalement à une diminution significative des composantes du rendement comme conséquence de manque d'eau pendant les périodes où les besoins sont importants. La salinité du sol élevée associée avec les traitements DI60 et FM semble causer des réductions importantes dans le rendement et ses composantes. Les rendements de pomme de terre montrent qu'il n'y a pas de différence entre la culture pure et en association avec l'olivier qui semble valoriser les apports d'eau puisque que l'on trouve un rendement de culture comparable à celui obtenu en monoculture. Les résultats montrent, également, que les efficacités d'utilisation de l'eau les plus élevées sont obtenues avec le traitement DI60, tandis que les faibles efficacités sont obtenues avec le traitement FM suite à l'augmentation de la quantité d'eau. Par ailleurs, les résultats supportent la pratique du traitement d'irrigation SWB100 qui semble constituer une stratégie adéquate d'irrigation de pomme de terre et de petit pois cultivés en intercalaires avec l'olivier puisqu'il a permis d'obtenir des rendements les plus élevés et de réduire le risque de salinisation du sol. Pour des situations de disponibilité en eau limitée, le pilotage de l'irrigation des cultures de pomme de terre et de petit pois pourrait être conduit avec la stratégie d'irrigation déficitaire DI60 qui permet davantage d'économie d'eau d'irrigation (40%) et de gain de productivité de l'eau mais elle est accompagnée d'une chute du rendement de l'ordre de 23 et 14%, respectivement, pour la pomme de terre et le petit pois. L'irrigation appliquée. Le traitement SWB100 occupe une position intermédiaire. L'impératif d'économie d'eau et d'utilisation durable de ces ressources nécessite l'adoption par les agriculteurs de stratégies d'irrigation proposées. Ainsi, un programme de suivi de l'irrigation auprès des agriculteurs de la région doit être mis au point pour évaluer son adoption par les agriculteurs et adapter l'utilisation des stratégies d'irrigation aux conditions locales.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adams, M.J., P.J. Read, D.H. Lapwood and G.H. Hide (1987) : The effect of irrigation on powdery scab and other diseases of potatoes. *Ann. Appl. Biol.* 110: 287-294.
- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith (1998) : Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. *Irrigation and Drainage Paper N° 56*, FAO, Rome, Italy, 300 p. Annual

report. -Clavet J.C. (2000) : Investigating soil and atmospheric plant water stress using physiological and micrometeorological data. *Agricultural and Forest Météo*, Vol. 103: 229-247.

-Doorenbos, J. and A.H. Kassam., (1980) : Réponse des rendements à l'eau. *Bulletin FAO d'irrigation et de Drainage N°33* : 235 p.

-Eraslan F., Inal A., Savasturk O., Gunes A. (2007) : Changes in antioxidative system and membrane damage of lettuce in response to salinity and boron toxicity. *Scientia horticulturae*, 114:5-10.

-Gallardo M., Jackson L.E., Schulbach K., Snyder R.L., Thompson R.B., Wyland L.J. (1996) : Production and water use in lettuces under variable water supply. *Irrig. Sci.*, 16, 125-137.

-Haverkort, A. J., (1987) : La gestion de l'eau dans la production de la pomme de terre. *Bulletin d'information technique 1*, p. 97-107, Centre Internationale de la pomme de terre.

-Holstein H.M.C., Behboudian M.H., Bongers H.C.M.L. (1977) : Water relations of lettuce. effects of drought on gas exchange properties of two cultivars. *Scientia horticulturae*, 7: 19-26.

- Schoch, P., L'Hotel, J.C., Dauplé, P., Conus, G. et Fabre, M.G. (1989) : Microvariation de diamètre des tiges pour le pilotage de l'irrigation. *Agronomie*, 9 : 137-142.

-Shalhevet J. (1984) : Management of irrigation with brackish water processes and management. In: *Adv. Hort. Sci.*, 6 (1992): 3-10.

-Singh B. and D.R. Bhumbra (1968) : Effect of quality of irrigation water on soil properties. *J. Res. Punjab Agric. Univ.* 5, 166.

-Steyn, J.M., H.F. Du Plessis and P.F. Nortje, (1992) : The influence of different water regimes on Upto-date potatoes. I. Vegetative development, photosynthetic rate and stomatal diffusive resistance. *S. Afr. J. Plant*, 9(3), 113-117.

-Younis M.E., Hasaneen M.N.A., Ahmed A.R. El-bialy D.M.A. (2008) : Plant growth, metabolism and adaptation in relation to stress conditions: Reversal of harmful NaCl-effects in lettuce plants by foliar application with urea. *Australian journal of crop science*. 2.2:83-95.

## IRRIGATION: ADAPTER SA STRATEGIE A LA VARIETE

Arvalis. Juin 2014

**Le comportement des variétés varie face aux stress hydriques ce qui offre une clé supplémentaire d'adaptation des stratégies d'irrigation. Le dispositif expérimental de 2013 est reconduit en 2014 mais livre déjà des pistes.**

Le comportement des variétés de pommes de terre **serait suffisamment différent** face aux stress hydriques pour proposer des règles d'adaptation des stratégies et des conduites d'irrigation selon les contextes, que la ressource en eau soit suffisante ou que les volumes d'eau soient restrictifs.

**C'est l'un des principaux résultats** d'un essai conduit en 2013 et reconduit en 2014. Cinq variétés, précoces à demi-précoces : Marabel, Agata, Lady Claire, Innovator et Bintje, sont soumises à cinq régimes hydriques dans le dispositif expérimental d'ARVALIS – Institut du végétal à Villers-St-Christophe (02) : T0=non irrigué, T1 =bien irrigué, T2,T3 et T4 étant 3 modalités d'irrigation destinées à tester des stratégies d'apport différentes avec un volume limité à 720 m<sup>3</sup>/ha, restrictif 3 années sur 4 pour Lady Claire (cf encadré).

### Des stratégies affinées grâce aux travaux précédents

Les modalités T2, T3 et T4 sont issues d'un travail d'expérimentation et de simulation conduit depuis 2007 (EaurationPlus). Les règles ont été affinées et les simulations nous ont permis d'enrichir les règles en tenant compte de la variable «volume restant».

Pour la modalité T2, le calendrier d'irrigation est identique à celui de la modalité «bien irrigué», les irrigations sont arrêtées quand le volume de 720 m<sup>3</sup>/ha est épuisé. Le risque de ce type de stratégie est bien sûr le stress hydrique dans la deuxième partie du cycle cultural, stress qui va, de plus,

intervenir sur un couvert foliaire très développé. Les stratégies T3 et T4 sont a priori souvent mieux adaptées. Elles ont pour objectif de répartir le volume limité de 720 m<sup>3</sup>/ha au mieux sur le cycle cultural en évitant tout stress hydrique fort et en tenant compte des périodes de plus grandes sensibilités au stress hydrique des variétés.

En T3, les irrigations peuvent commencer dès l'initiation de la tubérisation si la réserve facilement utilisable du sol est épuisée. La dose unitaire est réduite à 18 mm pour augmenter le nombre d'irrigations (4 irrigations de 18 mm) et le temps de retour entre deux irrigations (9 jours au lieu de 7 jours pour la modalité «bien irrigué»). Tout cela permet de répartir ce volume sur la plus grande longueur du cycle cultural possible. Les irrigations de la modalité T4 démarrent plus tard, après la fermeture des rangs. Le temps de retour entre deux irrigations est plus faible, 7 jours, car la période d'irrigation est réduite par rapport à celle de la modalité T3. Marabel, variété à faible biomasse et à début de sénescence précoce, a mal supporté un stress hydrique même modéré en début de cycle pendant la mise en place du couvert et en fin de cycle en fin de remplissage des tubercules. Les autres variétés à biomasse plus élevée et à début sénescence plus tardive, Lady Claire et Innovator, ont mieux toléré ces deux types de stress.

### Rendement, biomasse foliaire : les variétés répondent différemment à l'eau

Marabel valorise bien l'irrigation pourvu que cette



variété soit irriguée aussi pendant la phase de mise en place du couvert et pendant le remplissage des tubercules : toute irrigation manquante pendant la mise en place du couvert ou pendant la fin du remplissage des tubercules **a un effet négatif sur le rendement**. La suppression de l'irrigation du 11/06 pour T3 (et du 20/06 pour T4) a provoqué un ralentissement de la croissance et un défaut de couverture foliaire par rapport aux traitements T1 et T2 recevant ces irrigations.

**Le début de sénescence** du couvert intervient plus tôt en condition bien irriguée (T1) pour cette variété que pour Lady Claire et Innovator. Marabel a donc probablement des possibilités limitées pour compenser en fin de cycle un défaut de croissance précoce compte tenu de son cycle court. Sa faible biomasse foliaire doit également jouer dans le même sens comme, probablement, son faible indice foliaire.

Pour Lady Claire, au contraire, les 3 modalités irriguées avec 720 m<sup>3</sup>/ha (T2, T3, T4) **fournissent un meilleur rendement** que la modalité pluviale T0 et équivalent à la modalité bien irriguée T1. Cette variété, même si elle subit un stress hydrique pendant la mise en place du couvert, **compense au moins en partie**, et en tous cas mieux que Marabel, ce défaut de croissance précoce pendant le remplissage des tubercules.

Le comportement d'Innovator **est identique** à celui de Lady Claire. Mais cette variété présente une tendance à un **défaut de croissance des tiges et feuilles** de T1 par rapport à T3 et T4, accompagné d'une baisse de rendement en tubercule.

#### **Des résultats à confirmer en 2014**

Ces premiers résultats apportent des enseignements

pour les conduites d'irrigation dans le contexte de ressource en eau suffisante comme dans des contextes de volume en eau restrictif. Il faudrait donc, par exemple, éviter toute situation de stress hydrique, **même modéré, pour Marabel**: cette variété serait donc prioritaire en cas de concurrence par rapport à l'eau d'irrigation. Les variétés Lady Claire et Innovator **seraient plus tolérantes**. Il faudra cependant bien vérifier que le cahier des charges qualité soit respecté pour chacune de ces variétés. Les comportements de ces variétés aux irrigations ont été constatés en 2013 et restent évidemment à être confirmés. Un essai du même type est prévu en 2014 et sera suivi d'une synthèse.

#### **2013, un déficit hydrique médian**

La campagne 2013 a été marquée par un déficit hydrique climatique cumulé médian. Deux périodes affichent un déficit marqué : pendant la mise en place du couvert de fin mai au 20 juin et pendant la phase plateau et le remplissage des tubercules du 30 juin au 25 juillet. La fin du remplissage des tubercules durant le mois d'août a été plus tempérée. La première irrigation de la modalité «bien irrigué» T1 a eu lieu le 11 juin pendant la mise en place du couvert. Les irrigations du 13 juillet, 19 juillet et 24 juillet ont bien couvert la seconde période sèche. Par contre, les irrigations du 20 juin et 7 août ont été peu efficaces car suivies de pluies importantes : la dose optimale du «bien irrigué» aurait donc été de 100 mm au lieu des 140 mm apportés. Difficile de le prévoir lors du déclenchement les irrigations !

**Sources en ligne:** Innovations et performances pour la pomme de terre. Arvalis. Juin 2014

## 4 DESHERBAGE DE LA POMME DE TERRE

### DESHERBAGE MECANIQUE. LA HERSE ETRILLE

#### OBJECTIF

Evaluer les méthodes alternatives au désherbage chimique en remplaçant tout ou partie des traitements herbicides par le passage d'outils mécaniques (herse étrille et buttoir).

#### MODALITES TESTEES

L'essai a été conduit avec la variété Fontane, implantée le 17 mai à Crochte à l'EARL de l'abbaye.

Un désherbage 100% mécanique a été comparé à un désherbage mixte (mécanique + chimique). La parcelle du producteur représente la modalité de référence 100% chimique.

#### MATERIEL UTILISE

Pour l'essai, la herse Treffler a été utilisée :

- Herse étrille treffler: chaque dent est reliée à un ressort lui même raccordé à un câble de tension. Toutes les dents subissent la même pression **et épousent parfaitement le terrain**. La dent passe par le dessous de la végétation en formant un mouvement « d'extirpage ».

Deux buttoirs ont été utilisés :

- fraise butteuse Rsf 2000 Rumpstad : Ce buttoir a été utilisé pour reformer les buttes après le premier passage de la herse, avant la sortie des plantes. La fraise émiette la terre et empêche la formation de mottes pour une préparation fine du sol. Sa vitesse de travail est de 3 km/h.
- buttoir de conception artisanale : Le buttoir a permis de reformer les buttes après la levée des pommes de terre (suite au 2<sup>ème</sup> passage de la herse). 5 dents de vibroculteur grattent l'inter-butte et un soc reforme ensuite la butte. La vitesse de travail est de 6 km/h.

#### CONDITIONS DE CULTURE

Le printemps très pluvieux a retardé la plantation. Les interventions mécaniques ont été réalisées dans des conditions difficiles entre deux pluies. L'action des désherbants racinaires a, elle, été optimale.

#### UTILISATION DE LA HERSE ETRILLE EN DESHERBAGE DE LA POMME DE TERRE

Dates d'intervention

100% mécanique

Mixte

100% chimique

17 mai plantation

plantation

plantation

29 mai

buttage

1er juin pré-émergence

dit « à l'aveugle »

hersage

hersage

Centium 36 CS 0,1 l/ha  
Sencoral Ultradispersible 200 g/ha  
Défi 3 l/ha 05 juin buttage  
buttage  
20 juin hersage  
25 juin  
Elden 30 g/ha + Trend 0,2 l/ha  
+ Sencoral Ultradispersible  
100 g/ha  
02 juillet buttage

## 5 PROTECTION CONTRE MALADIES ET RAVAGEURS

Mildiou de la pomme de terre: Comment bien protéger ses parcelles ? -

Etant donné l'impact des maladies (mildiou principalement) et des attaques de ravageurs sur le rendement et la qualité, il importe de protéger efficacement la culture de la pomme de terre. Les techniques mises en œuvre doivent également permettre de réduire le transfert de matières actives phytosanitaires vers les tubercules et les eaux superficielles ou souterraines, mais également éviter l'apparition des phénomènes de résistance.

### Sommaire :

Protection contre les ravageurs du sol  
Protection contre les adventices  
Protection contre le mildiou  
Protection contre les ravageurs en végétation  
Pulvérisateur et pulvérisation  
Olivia TAVARES (ARVALIS - Institut du végétal)

### PROTECTION CONTRE LES RAVAGEURS DU SOL

Olivia TAVARES (ARVALIS - Institut du végétal)

La culture de pomme de terre est sensible aux ravageurs du sol tels que les nématodes, les taupins ou les limaces. Si la présence de ces ravageurs est soupçonnée dans une parcelle, il convient de procéder à des analyses ou observations, si possible sur les cultures précédant la pomme de terre. Objectifs

- Adopter des pratiques culturales limitant le développement des populations de ravageurs, pour éviter les traitements de sol.
- En cas d'infestation, assurer l'élimination des ravageurs avant implantation de la culture, pour ne pas pénaliser le rendement et la qualité.

### Sommaire :

Protection contre les nématodes  
Lutte contre les nématodes à kystes  
Protection contre les taupins  
Lutte contre les taupins  
Protection et lutte contre les limaces  
Protection contre les noctuelles  
Pour en savoir plus

### Protection contre les nématodes

Les symptômes des attaques de nématodes sont peu caractéristiques : ils peuvent être attribués à d'autres problèmes parasitaires ou culturels.

Néanmoins, on pourra diagnostiquer un risque nématodes si un ou plusieurs des phénomènes suivants sont observés : zones à végétation faible,

croissance amoindrie, kystes sur racines, formations liégeuses sur tubercules.

Analyse nématologique

L'analyse nématologique permet à la fois d'identifier les espèces de nématodes présentes dans le sol, et aussi de déterminer le niveau d'infestation. Elle peut être réalisée par un laboratoire du Ministère de l'Agriculture, ou tout laboratoire agréé.

Le cycle du nématode à kystes

Quand réaliser une analyse nématologique ?

L'analyse nématologique se justifie dans plusieurs cas :

- si l'état sanitaire de la parcelle est inconnu

(résultant d'un échange de terre, d'un remembrement),  
▶ s'il y a des problèmes de nématodes sur l'exploitation,  
▶ si des symptômes ont été constatés sur pomme de terre dans l'historique de la parcelle.

Les symptômes des attaques de nématodes sont peu caractéristiques: ils peuvent être attribués à d'autres problèmes parasitaires ou culturels. Néanmoins, on pourra diagnostiquer un risque nématodes si un ou plusieurs des phénomènes suivants sont observés: zones à végétation faible, croissance amoindrie, kystes sur racines, formations liégeuses sur tubercules. L'analyse doit être réalisée de préférence pendant l'hiver en raison des délais d'analyses, afin de laisser la possibilité de revoir l'assolement si nécessaire.

Quels nématodes rechercher ?

L'analyse doit porter sur les nématodes à galles du genre *Méloidogyne* et sur les parasites de quarantaine que sont les nématodes à kystes : *Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*. De petites tailles, ils se confondent facilement avec les particules de terres. On les véhicule d'une parcelle à l'autre avec les outils agricoles, les roues des tracteurs ou tout autre phénomène pouvant entraîner un transport de terre. Ces nématodes sont favorisés par des rotations courtes de cultures sensibles comme les Solanacées.

Encadré 1. Les parasites de quarantaine de la pomme de terre

Le CNIPT et le GIPT ont lancé, en 2004, un dispositif d'indemnisation des préjudices subis en cas de contamination par les maladies de quarantaine (voir tableau) d'origine bactérienne que sont la pourriture brune ou la pourriture annulaire. Le producteur doit remplir un formulaire de déclaration des surfaces et des tonnages travaillés/commercialisés (voir site internet de l'UNPT [www.producteursdepommeeterre.org](http://www.producteursdepommeeterre.org)) et satisfaire à certaines conditions :

- ▶ utiliser des plants certifiés ou des plants fermiers ayant subi des contrôles de parasites de quarantaine par les services officiels,
- ▶ disposer d'un dispositif d'enregistrement des informations permettant de retrouver l'origine des plants au moment de la plantation,
- ▶ séparer les lots de plants à la plantation.

Modalités pratiques

La répartition des nématodes dans le sol est très hétérogène. Il est donc important de respecter les

règles d'un bon échantillonnage. Les prélèvements de terre doivent être effectués avant la mise en place de la culture, dans les 15 premiers centimètres du sol. Il faut compter un échantillon de 400 ml de sol/ha constitué de 100 prélèvements unitaires/ha couvrant tout le champ répartis en quadrillant la parcelle. L'expédition au laboratoire doit être réalisée immédiatement si possible, mais le stockage à température et humidité ambiantes en sacs de papier kraft est possible. Ne pas expédier l'échantillon en fin de semaine.

Lutte contre les nématodes à kystes

La lutte contre les nématodes à kyste de la pomme de terre (*Globodera rostochiensis* et *Globodera pallida*) est obligatoire sur tout le territoire français. Dans le cas de présence, confirmée par l'analyse, de nématodes à kystes, la parcelle est déclarée contaminée. Selon la réglementation en vigueur (arrêté du 28 juin 2010 fixant les mesures de lutte relative aux nématodes à kystes de la pomme de terre) la lutte obligatoire (à l'exception du plant) consiste à :

- ▶ interdiction de plantation et stockage dans le champs déclaré contaminé pendant 6 ans,
- ▶ élimination des repousses,
- ▶ décontamination du matériel agricole,
- ▶ destruction du lot issu de la parcelle contaminée.

Les champs contaminés sont soumis aux mesures décrites ci-dessus pour une durée initiale de 6 ans. Cette durée est réduite à 3 ans dans le cas de la mise en œuvre d'une désinfestation du champ ou de la plantation d'une variété de pomme de terre résistante. A l'issue de cette période initiale une nouvelle analyse de sol du champ est réalisée. Lorsque ce résultat de l'analyse est négatif pour la présence de nématodes à kystes, les mesures de lutte sont arrêtées.

Au cas où le suivi analytique confirme la persistance de la contamination, les mesures de lutte du arrêté du 28 juin 2010 sont prorogées par tranche de 3 ans. A défaut, la production de pomme de terre est interdite.

Pour connaître les matières actives autorisées dans la lutte contre les nématodes, se reporter au dépliant « Protection des Pommes de Terre » édité régulièrement par ARVALIS - Institut du végétal (voir bibliographie). A la date de rédaction, trois molécules sont utilisables : éthoprophos, fosthiazate et oxamyl. Les traitements sont coûteux et ont une efficacité limitée : les nématodes survivants reconstituent la population en une seule année.

## Mesures prophylactiques

Il existe des mesures prophylactiques à mettre en œuvre pour lutter contre les nématodes :

- ▶ planter en parcelle saine d'après analyse de sol,
- ▶ utiliser un plant sain et certifié,
- ▶ respecter des rotations de 4 ans minimum,
- ▶ éliminer les repousses des parcelles
- ▶ nettoyer le matériel, etc.

## Protection contre les taupins

Les larves des taupins percent dans les tubercules des trous plus ou moins profonds, parfois en très grand nombre. Ces trous nuisent à la bonne présentation des pommes de terre et à leur conservation. Les prairies de plus de 4 ans, les jachères et l'irrigation sont des facteurs favorables aux taupins. Afin de limiter les risques (pour les espèces dont le cycle larvaire est long), il convient d'attendre 36 mois après retournement d'une prairie ou d'une jachère permanente avant toute culture de pomme de terre, et d'implanter, dans cette période, des cultures moins sensibles mais sur lesquelles des interventions chimiques sont possibles. Les attaques tardives peuvent s'intensifier par une remontée rapide des larves dans la butte en été, si le sol est fortement arrosé par irrigation ou au cours d'une période pluvieuse.

## Piégeage des larves de taupin

L'observation des dégâts sur les cultures précédentes est un bon indicateur du risque dans la parcelle. L'estimation du niveau de la population peut se faire par piégeage larvaire (15 pièges contenant des graines de blé et de maïs en germination posés dans le sol pendant 15 jours en avril et mai, période où le sol se réchauffe, ou à l'automne quand le sol est humide). On peut aussi faire une vingtaine de trous à la bêche dans la parcelle pour rechercher les larves. Le piégeage doit être renouvelé une fois si aucune larve n'est détectée, car cela peut indiquer un manque d'activité temporaire.

Cette technique donne avant tout des résultats qualitatifs (présence/absence) car la relation entre le nombre de larves capturées et le niveau de dégâts sur culture de pomme de terre n'est pas encore établie précisément. On estime le seuil à moins de 0,5 larve/piège (seuil déterminé sur le maïs par l'INRA-ACTA et correspondant à 300 000 larves/ha).

## Lutte contre les taupins

Le travail du sol permet de limiter le développement des populations, car il touche les œufs et les jeunes larves. Pour être efficace, le travail du sol doit être réalisé au moment de la ponte, de mai à juillet.

Cependant, ce travail du sol n'a pas d'effet sur les autres stades larvaires qui sont les plus préjudiciables. La lutte chimique vient en complément de ces pratiques et doit être engagée sur toutes les cultures de la rotation. En l'absence d'études spécifiques conduites sur pomme de terre, on retient le seuil de déclenchement des traitements à moins de 0,5 larve/piège (seuil maïs), la pomme de terre se montrant particulièrement sensible.

## Taupin : larve "fil de fer"

La lutte actuellement autorisée consiste à intervenir avec un traitement de sol avant la plantation, réalisé sur toute la surface. A la date de rédaction, deux matières actives sont autorisées : éthoprophos et fosthiazate. Néanmoins, la persistance des matières actives étant insuffisante, cette technique ne parvient pas à protéger les tubercules fils jusqu'à la récolte, d'autant plus que celle-ci est tardive. Des études sont actuellement en cours pour améliorer la lutte contre ce parasite. Pour bénéficier des conseils les plus actualisés, vous pouvez vous rapprocher du spécialiste «ravageurs» d'ARVALIS - Institut du végétal ou de votre technicien habituel.

## Taupins adultes

Des travaux sont en cours sur des techniques de piégeage des taupins adultes avec des phéromones de synthèse. Les premiers résultats ont permis de cartographier les espèces. Ils montrent une remontée de l'espèce à cycle court A. sordidus, très nuisible, originaire du Sud et dont l'aire d'extension s'étend vers le Nord.

## Protection et lutte contre les limaces

Avant d'envisager tout traitement, il est important de quantifier le niveau d'infestation de la parcelle. Pour cela, on réalise des piégeages avant implantation, de préférence à l'automne.

## Piégeage des limaces

On dispose 4 pièges par parcelle avec une dizaine de granulés anti-limaces, en conditions humides et zones à risques (traces de mucus, mottes...). Les pièges sont posés en fin de journée et relevés le lendemain matin.

Dans le cas où le piégeage est réalisé au printemps, il convient de disposer les pièges avant buttage.

Deux types de pièges sont possibles :

- ▶ piège standardisé par l'INRA 50 cm x 50 cm et fourni par les firmes phytosanitaires,
- ▶ ou pièges plus rudimentaires: tuile, sac de toile ou carton ondulé 50 cm x 50 cm, face ondulée contre le sol, recouvrant des granulés et recouverts d'une feuille de plastique noire.

On peut estimer le niveau d'infestation de la parcelle par mètre carré en faisant la somme des limaces capturées. Mais compte tenu de la petite surface du piège, le nombre de captures reste difficile à interpréter et le seuil de traitement approximatif. Le risque limace dépend non seulement du nombre d'individus capturés, mais aussi de l'activité pendant le stade sensible de la culture. Les pommes de terre peuvent être touchées à partir du grossissement des tubercules.

L'intervention peut être déclenchée à partir du seuil de 4 limaces par piège. Une lutte efficace doit être menée en associant lutte agronomique (gestion des intercultures, implantation et suivi de la culture) et lutte chimique dans la rotation.

#### Lutte contre les limaces

En cas de détection à l'automne précédant la plantation, il faut procéder à un traitement en plein,

sur sol nu. En cas de détection au printemps, juste avant plantation, on procédera à un traitement dans la raie de plantation éventuellement complété par un traitement en plein en végétation, possible jusqu'au défanage, en veillant à bien respecter les éventuels délais d'application avant récolte.

La seule substance active autorisée aujourd'hui est le métaldéhyde (voir dépliant Protection de la pomme de terre, édité par ARVALIS - Institut du végétal).

#### Protection contre les noctuelles

Les dégâts causés sur pomme de terre par les noctuelles terricoles sont assez peu préjudiciables (très localisés le plus souvent). Toutefois, en cas de population importante (feuilles dévorées, présence de chenilles au pied des plantes), il peut s'avérer nécessaire de traiter, de préférence en fin de journée.

#### Pour en savoir plus

ACTA, 2011 - Index phytosanitaire (mise à jour annuelle).  
Arrêté du 28 juin 2010 relatif à la lutte contre *Globodera pallida* (Stone) et *Globodera rostochiensis* (Wollenweber), nématodes à kystes de la pomme de terre.

ARVALIS - Institut du végétal, Ministère de l'Agriculture, DGAL-SDQPV, 2010 - Dépliant « Protection des pommes de terre : lutte contre les maladies, les ravageurs, les mauvaises herbes, défanage et la germination » (mise à jour régulière).

ARVALIS - Institut du végétal, SRPV 62, INRA, CNIPT, 2004. Principaux ravageurs de la pomme de terre.

ARVALIS - Institut du végétal, 2008. Maladies, ravageurs et désordres de la pomme de terre. Guide pratique.

Sources : Olivia TAVARES (ARVALIS - Institut du végétal)

## PROTECTION CONTRES LES ADVENTICES

Olivia TAVARES, Catherine VACHER (ARVALIS - Institut du végétal)

Toutes les pratiques qui visent une levée et une installation rapide des cultures permettent de limiter le développement des adventices. Pour garantir le potentiel de rendement de la pomme de terre, le désherbage doit être efficace et sélectif. Le buttage a également un rôle dans le contrôle des adventices, en tant que travail du sol.

#### Objectifs

- ▶ Préserver le rendement et la qualité de la pomme de terre (certaines racines ou rhizomes pouvant, par pénétration, causer des dommages dans les tubercules).
- ▶ Limiter les transferts de substances actives dans les eaux et vers les tubercules (risques de toxicité pour les tubercules mères et d'accumulation de résidus dans les tubercules fils).

#### Sommaire :

Choix de la stratégie de désherbage

Choix de produits adaptés à la flore

Sensibilité variétale

Conditions d'application : produits de prélevée

Conditions d'application : produits de postlevée

#### Choix de la stratégie de désherbage

Une stratégie de désherbage adaptée au contexte de la parcelle et de l'exploitation permet d'assurer un bon

désherbage avec un coût modéré.

La gamme des herbicides s'est élargie au cours de ces dernières années, cependant les stratégies de désherbage les plus efficaces restent des stratégies en prélevée (voir tableau 1). La maîtrise des dicotylédones en post-levée demeure très difficile en raison d'un choix restreint de spécialités et d'une efficacité limitée sur certaines adventices (renouées, morelle, matricaire par exemple).

## Tableau 1 : Stratégies de désherbage en culture de pomme de terre

Fortes infestations de la parcelle et/ou mauvaises herbes difficiles à détruire : morelle, renouées des oiseaux...

Prélevée obligatoire à la dose homologuée

En cas de printemps sec : Risque d'avoir une efficacité insuffisante de la prélevée, il faudra réaliser un traitement de rattrapage adapté à la flore, non prévu au départ.

Prélevée à la dose homologuée

- Stratégie sécuritaire

Mauvaises herbes faciles à détruire et/ou faibles infestations de la parcelle

Prélevée à une dose inférieure à la dose homologuée (2/3 de la dose)

- Stratégie à intégrer dès le départ pour maintenir un coût intéressant du désherbage.

Puis passage en post-levée sur des adventices jeunes (cotylédons à 2 feuilles, au maximum 4 feuilles pour les plus développées).

- Il faut pouvoir intervenir en post-levée sur des adventices jeunes (cotylédons à 2 feuilles), si possible en conditions poussantes.

L'utilisation d'un plant sain et bien préparé sur un sol réchauffé permet d'obtenir une couverture rapide du sol et de prendre le relais des herbicides.

La période de sensibilité à la concurrence des adventices s'étend de la levée à la fermeture des rangs, soit de 7 à 8 semaines après la plantation. Des variétés avec un important développement foliaire (Bintje, Magnum, Kaptah Vandel...) seront en principe plus compétitives que des variétés à faible développement foliaire comme Agata ou Belle de Fontenay.

Le désherbage mécanique est également possible malgré un certain nombre de contraintes et une moindre efficacité. Il peut être réalisé par un buttage tardif ou l'utilisation d'outils spécifiques. Néanmoins, ces techniques gèrent difficilement l'enherbement sur le sommet des buttes. De plus, il est important de ne

pas intervenir trop tard pour ne pas endommager le système racinaire, ni perturber la tubérisation.

## Choix de produits adaptés à la flore

Le choix des produits doit être raisonné en fonction de la flore adventice : flore attendue pour le traitement en prélevée, flore constatée pour les interventions de post-levée ou en cas de rattrapage.

Les tableaux 2 et 3 comparent l'efficacité des produits autorisés en désherbage de la pomme de terre sur dicotylédones.

L'utilisation des mélanges herbicides est une pratique très répandue et très ancienne en culture de pomme de terre. Elle permet d'élargir le spectre d'activité des produits par complémentarité des spectres et d'adapter la dose de chacun des herbicides à la nature et à la densité des adventices. Défi + Sencoral UD est l'une des associations les plus pratiquées : elle permet d'obtenir des bons résultats sur morelle et chénopode. Centium 36 CS + Sencoral UD est également une association de plus en plus courante, en particulier dans les situations à renouées. Dans les parcelles au passé riche en cultures de printemps ou marquées en pomme de terre, il est plutôt préférable de s'orienter vers des mélanges triples, par exemple Défi + Challenge 600 + Sencoral UD, ou Centium 36 CS + Challenge 600 + Sencoral UD. Ces mélanges sont certes plus coûteux, mais permettent de maîtriser l'ensemble de la flore.

Avant de mettre en oeuvre un mélange, on s'assure qu'il est possible réglementairement en consultant par exemple : [www.arvalisinstitutduvegetal.fr](http://www.arvalisinstitutduvegetal.fr).

La gestion des graminées annuelles ou vivaces ne pose pas de problème en général. Vulpin, ray grass et pâturin annuel sont le plus souvent contrôlés par les herbicides de prélevée (tableau 4). Sélectif de la pomme de terre, les antigraminées foliaires sont efficaces sur la majorité des graminées annuelles à l'exception du pâturin annuel et des populations de graminées résistantes.

## Gestion des repousses

La lutte contre les repousses de pomme de terre permet d'éviter le maintien et le développement de certains ravageurs, tels que les doryphores et les nématodes, et des pathogènes (notamment le mildiou).

Une rotation longue est la première mesure pour limiter ces repousses. De façon générale, il convient d'utiliser une chaîne de récolte bien réglée pour



limiter le nombre de tubercules non récoltés et de favoriser le gel des pommes de terre non récoltés en évitant leur enfouissement. La lutte chimique contre les repousses est plus facile dans les cultures de céréales plutôt que dans les cultures de protéagineux ou betteraves.

#### Sensibilité variétale

Il est essentiel de prendre en compte la sensibilité des variétés dans le programme de désherbage et d'éviter l'emploi des produits sur les variétés concernées.

Certaines variétés de pomme de terre présentent une sensibilité plus ou moins marquée à la métribuzine (voir encadré), matière active présente dans de nombreuses spécialités commerciales (Sencoral Ultradispersible, Bretteur, Metriphar 70 WG, Bastille...).

#### Encadré 1. Variétés sensibles

- ▶ Bastille : Belle de Fontenay, Fambo, Frieslander, Hermès, Lady Christl, Lyra, Morène, Concorde, Pasha
- ▶ Challenge 600 : Monalisa (en sols crayeux)
- ▶ Spécialités à base de metribuzine :
  - ◆ en prélevée à la dose de 1 kg/ha sur les variétés : Agata, Draga, Eva, Innovator, Jetta, Lady Felicia, Logita, Multa, Osirène, Pansta, Pétra, Prima, Résy, Rubis, Scorpio, Sensor, Spartaan, Starlette, Stefano, Sybilla, Turbo, Vebecca, Vivaks
  - ◆ en prélevée à la dose de 0.5 kg/ha sur les variétés : Belle de Fontenay, Fambo, Frieslander, Lady Christl, Pasha, Vitesse

De même, le Challenge 600 (matière active : aclonifén), produit intéressant sur gailllets, crucifères et repousses de colza, ne doit pas être utilisé sur la variété Monalisa en terre crayeuse.

#### Conditions d'application : produits de prélevée

La sélectivité des herbicides de prélevée autorisés en pomme de terre est dite « de position ». Ils demeurent dans la couche superficielle du sol et sont absorbés par les racines des adventices, tandis que les racines et les stolons de la pomme de terre, plantée plus profondément, se développent dans une zone exempte d'herbicide. Pour une bonne sélectivité, il est conseillé d'effectuer les traitements sur butte définitive, au moins une semaine avant la levée des pommes de terre, et de réduire les doses préconisées dans les sols sableux ou limons très battants (cas des spécialités à base de linuron ou de métribuzine).

L'efficacité et la sélectivité des herbicides dépendent

de la qualité du buttage. Un sol motteux ou sec nuit à l'activité des produits de prélevée. L'idéal est d'intervenir sur une butte rappuyée, suffisamment émietée et légèrement humide. Un temps calme est également indispensable pour répartir de façon homogène le produit sur les deux flancs de la butte et éviter l'entraînement du produit sur les cultures voisines. Toute intervention mécanique après l'application herbicide est déconseillée pour ne pas réduire, voire annuler son efficacité.

#### Morelles

#### Conditions d'application : produits de postlevée

Le rimsulfuron (Elden), est une molécule herbicide de postlevée utilisé dans le cadre d'un programme de traitement incluant un désherbage de prélevée.

Actif sur graminées, dicotylédones et certaines vivaces (voir encadré 1), l'Elden s'utilise toujours avec un mouillant non ionique type TREND 90 à 0.2 l/ha. L'efficacité maximum est obtenue sur adventices jeunes (cotylédons à 2 feuilles maximum, 3 feuilles maximum pour les graminées annuelles). Le stade de la pomme de terre n'est pas limitant, il convient cependant de faire attention à l'effet « parapluie ». L'application de l'herbicide en condition de forte chaleur doit être évitée (température maxi 25 °C).

#### Encadré 1 : Adventices difficiles à détruire

- ▶ Datura : En prélevée uniquement, spécialités à base de clomazone.
- ▶ Repousses d'endives et de chicorées : Intervenir au stade rosette maxi 8 – 10 cm avec du rimsulfuron, sauf sur variétés tolérantes aux sulfonilurées (ex : Europa, Mont blanc....) renouveler l'application en cas de relevée.

La lutte contre les vivaces doit s'envisager sur l'ensemble de la rotation y compris dans l'interculture. La gestion des vivaces est toujours un souci en pomme de terre, même si le rimsulfuron (Elden) permet de freiner le développement de quelques unes d'entre elles. La levée tardive et échelonnée des chardons et laitrons demande souvent une intervention spécifique, dissociée de l'intervention de post-levée contre les annuelles.

- ▶ Chardons : Appliquer Elden sur des plantes dont la hauteur atteint 15 à 20 cm maximum.
- ▶ Laitrons : Appliquer Elden sur des rosettes ayant un diamètre maximum de 8 à 10 cm ; renouveler l'application en cas de relevée.

► Chiendents : Anti-graminées foliaires à dose homologuée sur vivaces ou Elden

La métribuzine (Sencoral Ultradispersible, Bretteur) est parfois utilisée en post-levée, en cas d'échec du désherbage de prélevée. Cette intervention doit être considérée uniquement comme une intervention de rattrapage. Elle peut parfois causer des phénomènes de phytotoxicité, quelle que soit la variété. On ne dépassera jamais le stade 5 cm et la dose de 0,5 kg/ha de produit commercial, et l'on veillera à intervenir sur une culture en bon état végétatif.

Pour les antigaminées foliaires systémiques, il

n'existe pas d'exigence sur l'état de la culture de pomme de terre, attention tout de même à l'effet « parapluie ». En fonction du stade de la graminée à détruire, il est possible de moduler la dose de produit.

## Chardons

### Pour en savoir plus

ACTA, 2011 - Index phytosanitaire (mise à jour annuelle).

ARVALIS - Institut du végétal, 2010 - Brochure « Herbicides : maïs grain et fourrage, maïs doux, sorgho, millet, pomme de terre ».

ARVALIS - Institut du végétal, Ministère de l'Agriculture, DGAL-SDQP, 2010 - Dépliant « Protection des Pommes de terre. Lutte contre les maladies, les ravageurs, les mauvaises herbes, le défanage et la germination » (mise à jour régulière).

## PROTECTION CONTRE LES RAVAGEURS EN VEGETATION

Olivia TAVARES (ARVALIS - Institut du végétal)

### Objectifs

► Assurer une protection efficace de la culture contre les insectes dangereux par leurs effets directs (prélèvement de sève, ingestion des feuilles...) ou indirects (transmission de virus).

► Eviter les traitements inutiles, pour réduire les transferts de substances actives dans les eaux et vers les tubercules, et les problèmes de résistance des pucerons.

► Prévenir l'apparition de phénomènes de résistance en alternant les produits insecticides utilisés (différents modes d'action).

► Connaître les conduites agronomiques et mesures prophylactiques permettant de réduire la pression des ravageurs.

### Les interventions ne seront pas systématiques

mais réalisées uniquement en présence de ravageurs. Conditions d'application des insecticides Les insecticides doivent pouvoir pénétrer au coeur de la végétation. La bonne répartition des insecticides sur les feuilles est assurée grâce au volume de bouillie. Des volumes inférieurs à 150 l/ha sont insuffisants, préférer des traitements à 300 l/ha. Il est recommandé de choisir des buses adaptées au volume plutôt que d'augmenter la pression de traitement. En période chaude, les interventions insecticides doivent être réalisées tôt le matin quand les températures sont inférieures à 20 °C et l'hygrométrie supérieure à 70 %. Si la parcelle est irriguée, il est recommandé d'intervenir après irrigation pour éviter le lessivage des produits phytopharmaceutiques.

### Sommaire :

Lutte contre les pucerons

Lutte contre les doryphores

Lutte contre la teigne

Pour en savoir plus

### Lutte contre les pucerons

**Quatre espèces de pucerons sont fréquentes** sur pomme de terre: *Aphis nasturtii*, *Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Aulacorthum solani*. Malgré l'existence de critères de reconnaissance, il est très difficile d'identifier les espèces. De plus, les populations peuvent être mixtes et varier en cours de saison. Les insecticides n'ont pas tous la même efficacité selon les espèces, il est donc préférable de choisir une spécialité efficace sur l'ensemble des pucerons.

**Un seul traitement** adapté et bien positionné est suffisant dans la plupart des cas. On surveillera en particulier les feuilles basses et la face inférieure des feuilles. La date d'intervention est très importante. Pour la déterminer, il existe deux méthodes.

Une méthode d'observation complète :

► **Compter le nombre de pucerons** sur une feuille du haut, du milieu et du bas de la plante. Répéter l'opération 20 fois. Le seuil d'intervention actuellement retenu se situe entre 5 et 10 pucerons en moyenne par feuille (la feuille est composée de 7 à 11 folioles).

Une autre méthode d'observation simplifiée peut

également être adoptée :

► **Sur une feuille** située sur la moitié inférieure de la plante, choisir une foliole latérale jouxtant la foliole terminale. Observer la présence ou non de pucerons et répéter l'opération 40 fois sur des plantes différentes. Si des pucerons sont présents sur plus de 20 folioles, un traitement insecticide est nécessaire (méthode proposée par Champagne Céréales).

**Sur l'ensemble des espèces**, les pyrèthrinoïdes employées seules sont déconseillées dans le cas de pullulations, préférer ainsi les pyrèthrinoïdes associées ou les spécialités à base de flonicamide ou de pymétozine.

**On veillera à alterner** les familles de produits insecticides utilisées sur l'exploitation (modes d'action différents) afin de prévenir l'apparition de populations de pucerons résistants.

**Le respect des auxiliaires** est essentiel pour une bonne maîtrise des populations de pucerons. Utiliser des produits respectueux des auxiliaires quelle que soit la période d'activité (entre mars et septembre).

*Contre les pucerons, l'identification de l'espèce est importante pour adapter les produits.*

Lutte contre les doryphores

**Le doryphore** (*Leptinotarsa decemlineata*) est présent surtout dans les régions à climat continental ou semi-continental. Les larves et les jeunes adultes sont très voraces et peuvent détruire la totalité du feuillage. En cas de forte invasion, le rendement peut être réduit. Depuis quelques années, il a tendance à être de plus en plus présent en Alsace, en Champagne-Ardenne mais aussi en Picardie.

L'apparition des adultes, pontes et éclosions peut être très étalée. Les adultes arrivent à partir d'avril. Les oeufs de teinte rose orangée sont déposés le plus souvent par paquets de 20 à 50 à la face inférieure des feuilles ou sur le sol. Ils éclosent au bout de huit jours environ.

La lutte vise prioritairement les larves, plus sensibles aux insecticides que les adultes. Le développement des larves dure trois semaines puis elles s'enfouissent dans le sol et se nymphosent pour donner un adulte de première génération. La durée du cycle est de 5 à 6 semaines. Il peut y avoir une deuxième génération, en particulier dans les zones du sud de la France.

Si les larves sont petites (moins de 5 mm, soit moins de la taille d'un grain de riz), il est possible d'utiliser la lutte biologique avec *Bacillus thuringiensis*. Une intervention à base de pyrèthrinoïdes, organophosphorés ou carbamates est envisagée quand les larves sont de la grosseur d'un grain de blé (généralement à partir de juin). Bien que les larves plus âgées soient les plus résistantes, elles sont situées sur la partie supérieure des feuilles et sont donc plus faciles à atteindre que les jeunes larves localisées à la face inférieure.

### **Lutte contre la teigne**

La teigne (*Phthorimaea operculella*) est un parasite important dans les régions chaudes et humides, notamment dans le bassin méditerranéen. Dans cette région, il y a en général six générations par an. L'adulte est un petit papillon gris de 10 à 15 mm d'envergure. Seules les chenilles provoquent des dégâts. Elles minent les feuilles, forent les tiges et les tubercules. Dans les stockages, la destruction peut être totale car les papillons peuvent y accomplir plusieurs cycles complets de développement.

Les galeries sinueuses, irrégulières, peuvent atteindre plusieurs centimètres de longueur. Les parois sont tapissées de soies et les excréments noirâtres sont accumulés vers l'extérieur. Ces caractéristiques permettent de distinguer ces galeries de celles des taupins.

La chenille blanchâtre à gris verdâtre atteint 10-12 mm à son complet développement. La fécondité des femelles en région tempérée peut atteindre 80 oeufs. Le développement d'une génération est rapide, 20 à 30 jours à 28 °C ; de ce fait, on trouve en général tous les stades de la teigne simultanément à un instant donné.

Le piégeage sexuel des papillons mâles peut diminuer les attaques au stockage mais nécessite un piège pour 10 m<sup>2</sup>, ce qui est difficilement réalisable. La lutte contre la teigne commence par éviter les facteurs qui favorisent son développement :

► **A la plantation**: éviter les tubercules en surface, ce qui favorise les pontes dans les pommes de terre; planter à 10 cm de profondeur.

► **En végétation**: éviter que les pommes de terre soient à jour ; préférer l'irrigation par aspersion plutôt que l'irrigation à la raie ; assurer le rebutage en cas de présence de fentes en sol lourd.

► **A la récolte** : ne pas laisser les tubercules déterrés au champ car les papillons ont une activité nocturne. Les récoltes précoces diminuent les risques de dégâts.

► **Au stockage** : éviter le stockage ouvert à température ambiante. L'optimum est de stocker à des températures inférieures à 6,5 °C.

► **En hiver**: éviter les repousses et tas de déchets, sources de contamination.

Actuellement, une seule molécule est autorisée, la lambda-cyhalothrine. L'intervention est réalisée à partir de la fin-juillet pour détruire adultes et larves.

En cas de récolte contaminée, il convient d'isoler les lots contaminés.

#### **Pour en savoir plus**

ACTA, 2011 - Index phytosanitaire (mise à jour annuelle).

ARVALIS - Institut du végétal, Ministère de l'Agriculture, DGAL-SDQPV, 2010 - Dépliant « Protection des pommes de terre : lutte contre les maladies, les ravageurs, les mauvaises herbes, le défanage et la germination » (mise à jour régulière).

ARVALIS - Institut du végétal, 2004 - Principaux ravageurs de la pomme de terre.

ARVALIS - Institut du végétal, FNPPPT, GNIS, 2008. Maladies, ravageurs et désordres de la pomme de terre. Guide pratique.

Sources : Olivia TAVARES (ARVALIS - Institut du végétal)

## **PROTECTION CONTRE LE MILDIU**

Le mildiou est actuellement la principale maladie de la pomme de terre. Il affecte à la fois le rendement et la qualité. Pour être efficace, la lutte contre la maladie est réalisée de manière préventive, avant la contamination.

#### **Objectifs :**

► Le premier objectif de la lutte contre le mildiou est de ne jamais laisser celui-ci pénétrer dans la parcelle.

► D'autre part, il est important de limiter les risques de transfert de substances actives phytosanitaires vers les tubercules, ainsi que vers les eaux de surface et de profondeur.

Pour cela, on veillera à limiter le nombre de traitements anti-mildiou effectués sur les cultures :

- en adoptant préalablement à la lutte chimique des mesures prophylactiques et des méthodes culturales de contrôle de la maladie,

- en évitant les traitements inutiles,

- en raisonnant le choix des spécialités commerciales,

- en utilisant des outils d'aide à la décision (type Mileos®).

#### **Sommaire :**

Mesures prophylactiques

Méthodes culturales de contrôle de la maladie

Lutte chimique

Pour en savoir plus

Mesures prophylactiques

**Pendant l'hiver**, l'agent responsable du mildiou (*Phytophthora infestans*) se conserve dans les tubercules laissés au champ, les tas de déchets ou les repousses de pomme de terre. Ainsi, pour prévenir les risques de contamination de la culture, il est essentiel d'adopter des mesures prophylactiques qui visent à réduire ces sources d'infection primaire.

#### **Destruction des tas de déchets**

Aucun tas de déchets (rejets issus de triage lors de la

mise en conservation ou à la mise en marché) ne doit se trouver à proximité d'une parcelle, d'un fossé ou d'un cours d'eau.

Le lieu de stockage doit être choisi pour :

► **éviter les risques d'écoulement** des jus vers les eaux de surface ou les périmètres de protection de captages d'eau potable ;

► **et réduire les nuisances** près des habitations (odeurs, insectes...).

Deux méthodes peuvent être employées pour la destruction de ces déchets :

► l'application de chaux vive est à préférer si le tas contient beaucoup de tubercules ou si le risque d'écoulement de jus est important (mélange de la chaux aux pommes de terre à raison de 10 % du tonnage à traiter) ;

► **le bâchage** sans traitement, avant l'apparition de toute végétation, est possible uniquement si le tas contient beaucoup de terre et s'il n'y a pas de problème d'écoulement de jus.

Tous les tas de déchets devront être traités au plus tard au moment des plantations. L'utilisation d'herbicide ou de défanant est interdite. A noter : certaines régions imposent la gestion des tas de déchets via des arrêtés préfectoraux. Les tas de déchets doivent être neutralisés avant toute nouvelle culture de pomme de terre.

#### **Limitation des repousses dans les autres cultures**

Il est très important de surveiller les repousses de pomme de terre dans les autres cultures de la rotation. Il n'existe pas de solution efficace à 100 % pour détruire en une seule intervention toutes les repousses

de pomme de terre. Il sera donc nécessaire d'associer un ensemble de pratiques culturales afin de limiter leur effet vis-à-vis du mildiou.

► **L'hydrazide maléique**, appliqué sur pomme de terre comme anti-germinatif de végétation (5 kg/ha), a une efficacité de 40 à 80 % (selon les variétés) contre les repousses dans les cultures suivantes. Cette solution permet de retarder la date de première thermonébulisation pour lutter contre la germination, en cas de conservation de longue durée. Attention au risque de phytotoxicité sur certaines variétés, notamment Monalisa.

► **Lors de l'arrachage**, il importe de récolter le maximum de tubercules. De même, il convient de ne pas épandre de déchets de pomme de terre après le 31 janvier, car les éventuelles gelées n'auront pas d'action suffisante pour les détruire.

► **Les techniques d'implantation** sans labour doivent être privilégiées pour la culture suivante, afin de laisser le maximum de tubercules en surface ; ils seront alors plus sensibles à l'action du gel.

► **La lutte contre les repousses** s'effectue à l'échelle de la rotation, par le respect du temps de retour de la pomme de terre sur une parcelle (au moins 4 ans), le choix de cultures appropriées et l'emploi d'herbicides. Les céréales ont une action étouffante sur les repousses de pomme de terre et permettent de mener une lutte chimique efficace avec des produits à base de fluoxypyr seul (Starane 200 1 l/ha) ou associé à des hormones (Bofix/Ariane 4 l/ha).

Il convient d'intervenir sur de jeunes repousses et sans dépasser le stade 1-2 noeuds de la céréale pour les produits type Ariane/Bofix. A l'opposé, l'élimination des repousses dans les cultures de betterave est très contraignante (arrachage manuel). En culture de maïs, l'action de Mikado est intéressante. L'interculture est aussi une période propice à la destruction des repousses. Sur repousses levées et avant tubérisation, il est possible d'utiliser du glyphosate à 1440 g de matière active/ha. Sur des repousses plus développées (tubérisation), cette dose est insuffisante pour détruire les tubercules.

Méthodes culturales de contrôle de la maladie

**Afin d'éviter l'entrée de la maladie**, il est important de choisir des variétés peu sensibles au mildiou. De plus, une plantation suffisamment profonde (entre 15 et 17 cm) et un bon buttage permettent de limiter les risques d'attaque et de

protéger les tubercules fils. L'attaque aérienne est possible dès la levée jusqu'à la destruction totale des fanes. Il convient donc de protéger la plante jusqu'à la destruction totale des fanes. Le choix d'une variété résistante au mildiou du feuillage est essentiel pour limiter le nombre de traitements fongicides.

**L'attaque sur les tubercules** est visible parfois en cours de culture, mais plus souvent à partir de la récolte. La résistance au mildiou du tubercule de certaines variétés permet de tolérer quelques traces de mildiou du feuillage en cours de culture, sans problème de qualité des tubercules. De même, il convient de prendre en compte l'ensemble de la parcelle (fourrières, bordure d'obstacles divers, coin de champs) et éventuellement d'autres paramètres (recroisement d'irrigation, etc.) pour assurer une bonne protection contre la maladie.

L'utilisation d'un pulvérisateur en bon état, contrôlé régulièrement, et le choix des périodes de traitement les plus favorables permettent d'assurer un traitement optimal.

### Lutte chimique

Les traitements contre le mildiou doivent être effectués en préventif et tenir compte de la pression parasitaire et des risques de lessivage.

### Déclenchement du premier traitement

**La première intervention** est réalisée selon l'outil d'aide à la décision (Mileos®) ou les BSV (Bulletins de Santé du Végétal®). Ces deux outils sont indispensables car ils permettent de simuler l'évolution du mildiou et d'en déduire les meilleures dates de traitement. Ils doivent être associés à une observation attentive de la parcelle et de son environnement proche. Le choix de la parcelle et la gestion des tas de déchets doivent permettre d'éliminer les sources d'infection primaires. Seule la présence d'une de ces sources à proximité de la parcelle conduira à initier les traitements plus tôt que ce que préconisent Mileos® ou les BSV®.

Conduite de la lutte préventive en phase épidémique

**L'application des produits** est raisonnée en fonction du risque mildiou dans l'environnement, de son mode d'action, du risque de résistance de certains fongicides (en particulier des phénylamides), de la sensibilité variétale, du stade de la culture, de sa résistance au lessivage et de la pression de la maladie. Encore une fois, Mileos® ou, à défaut, les BSV® sont indispensables.

## Choix des spécialités fongicides

Le dépliant « Protection de la pomme de terre » édité régulièrement par ARVALIS - Institut du végétal permet de choisir, à chaque intervention, la catégorie de produit la plus adaptée. On retient quatre points importants sur le choix des fongicides :

► **L'intérêt de certains produits** translaminaires diffusants (Acrobat M DG, Eperon pépite, Epok, Micène Pro, Séréno, Tattoo C, Equation Pro, Plebiscit M...) pendant la phase active de croissance des plantes ;

► **L'intérêt de certains contacts** (Adério, Ranman, ...) et des produits translaminaires diffusants (Acrobat M DG, Rêvus, Infinito, ...) en fin de croissance active et en végétation stabilisée en cas de forte pression pendant les périodes de lessivage important (pluies, orages, irrigations...);

► **L'intérêt des produits pénétrants** (à base de cymoxanil) pour le rattrapage de contaminations récentes (effet curatif de 1 à 2 jours maximum) ;

► **L'intérêt particulier de certains produits de contact** ou translaminaires (Adério, fluazinam, Ranman, Infinito, Rêvus...) pour la protection des tubercules en fin de cycle.

## Mode d'action des matières actives

**Afin de prévenir les risques** de développement de la résistance aux substances actives, il est nécessaire d'adopter une stratégie de gestion des risques. Il convient donc de bien respecter les prescriptions de l'étiquette, de ne pas réaliser plus de 2 traitements avec un fongicide contenant une substance active de la famille des phénylamides (Epok, Eperon Pépité, Micène Pro...) ou 3 traitements consécutifs pour les autres fongicides contenant une substance active à mode d'action unisite (Ranman, Séréno, Equation Pro...) et de les positionner uniquement en préventif.

Il est également recommandé d'alterner les modes d'action dans les programmes de traitement (Tableau 1. Prévention des risques des résistances aux produits en culture de pomme de terre).

### En cas de mildiou déclaré

Tout d'abord, il convient de respecter les points précédents pour éviter de se trouver dans cette situation. Il n'existe pas de solution de rattrapage pour faire disparaître les taches de mildiou. L'objectif est de protéger efficacement le feuillage encore sain. Les foyers atteints par la maladie, voire toute la parcelle en cas de forte infestation, seront immédiatement

défanés et l'irrigation sera limitée. Si les symptômes sont diffus dans la parcelle, il faut intervenir dès que possible et avant 5 % de feuillage détruit avec des fongicides à action curative (cymoxanil) et/ou antisporulante (comme Proxanil) dans une succession de 2 traitements à 3 jours d'intervalle en alternant les matières actives. L'utilisation de mélanges autorisés associant des spécialités à modes d'action complémentaires est recommandée pour le premier traitement en cas de très forte attaque (liste de mélanges homologués sur [www.arvalisinstitutduvegetal.fr](http://www.arvalisinstitutduvegetal.fr)).

La combinaison, dans les programmes sur mildiou déclaré, des 2 modes d'action (contact et produit diffusant) permet de ralentir au mieux la progression de l'épidémie. Il est important de vérifier que le Délai Avant Récolte (DAR) des produits utilisés est compatible avec la date de récolte de la parcelle. Pour ce faire, se reporter aux prescriptions de l'étiquette.

### Souches A2

Certaines souches de mildiou (A2) ont la possibilité, par recombinaison avec les souches classiques (A1), de former des oospores capables de se conserver dans le sol pendant quelques années. Ce comportement permet, si les conditions climatiques de printemps sont favorables, un démarrage précoce des épidémies. La proportion de souches A2 dans les échantillons analysés par les Services Régionaux de l'ALimentation a augmenté fortement et régulièrement depuis 2004. Il convient donc de surveiller cette évolution et d'être prudent sur les démarrages d'épidémies lors de printemps humides.

### Pour en savoir plus

ACTA, 2011 - Index phytosanitaire (mise à jour annuelle).

ARVALIS - Institut du végétal, 2011 - Mildiou de la pomme de terre. Comment bien protéger ses parcelles ? Tiré à part de Perspectives Agricoles, n° 374, janvier 2011.

ARVALIS - Institut du végétal, Ministère de l'Agriculture, DGAL-SDQPV, 2010 - Dépliant « Protection des pommes de terre : lutte contre les maladies, les ravageurs, les mauvaises herbes, le défanage et la germination » (mise à jour régulière).

ARVALIS - Institut du végétal, 2007 - Mildiou : Note technique - Gestion du risque mildiou avant la récolte et bonnes pratiques de récolte et de stockage.

SRAL, ARVALIS - Institut du végétal, 2009 - Stratégie de lutte contre le mildiou de la pomme de terre. Note commune.

### Sites internet

Pour les mélanges autorisés sur culture de pomme de terre :

ARVALIS - Institut du végétal : [www.arvalisinstitutduvegetal.fr](http://www.arvalisinstitutduvegetal.fr)

Ministère de l'Agriculture : [www.agriculture.gouv.fr](http://www.agriculture.gouv.fr)

Sources : Denis GAUCHER (ARVALIS - Institut du végétal)

## MILDIOU DE LA POMME DE TERRE: COMMENT BIEN PROTEGER SES PARCELLES?

**Dans de nombreuses régions, les conséquences économiques du mildiou sont fréquentes et graves. En effet, une attaque précoce peut entraîner des baisses de rendement de plus de 50%. Une attaque plus tardive va détériorer la qualité des tubercules. Face à cette problématique, il convient de mettre en place une stratégie de lutte efficace.**

Le mildiou, *Phytophthora infestans*, est l'une des maladies les plus préjudiciables de la culture de pomme de terre. En effet, l'épidémie s'exprime très rapidement en conditions favorables, températures douces avec un optimum entre 18 et 24 °C et hygrométrie de 87 % ou plus, avec une production de spores qui évolue exponentiellement et une durée d'incubation très courte (environ 4 à 6 jours). De plus, les souches de mildiou **évoluent rapidement**, elles s'adaptent facilement aux variétés et **contournent l'efficacité des fongicides** ce qui favorise l'augmentation de leur agressivité.

Comment réaliser une bonne gestion du risque mildiou ?

### **Limiter les sources d'infections primaires et combiner différentes actions**

Pour contrôler le mildiou, il convient :

- **d'éviter l'entrée** de la maladie dans les parcelles
- **et d'associer différentes actions** afin de limiter son développement.

La prophylaxie, par la bonne gestion des tas de déchets et la lutte contre les repousses de pomme de terre dans les autres cultures, est un point indispensable avant la levée pour réduire les sources d'infection primaire. De plus, quelques consignes lors de l'implantation de la culture sont à respecter comme :

- une plantation suffisamment profonde (entre 15 et 17 cm)
- et un bon buttage afin de limiter les risques d'attaques de mildiou et de protéger les tubercules fils.

#### **Mileos®, un allié quotidien**

Mileos®, l'outil d'aide à la décision pour la lutte contre le mildiou de la pomme de terre (issu de la fusion de Mild-LIS® et Mil-PV), a été utilisé par 700 utilisateurs, producteurs ou techniciens, en 2010. Au total, environ 40 000 ha de pomme de terre (25 %) ont été gérés quotidiennement avec son aide. Aujourd'hui, pour permettre une meilleure compréhension des résultats des modèles épidémiologiques et des conseils donnés, l'outil évolue. De nombreux ajustements ont été réalisés sur l'un des deux modèles utilisés : le modèle Milsol. Le second modèle, Guntz-Divoux, n'existera plus pour la version 2011. Par ailleurs, les indicateurs fournis seront plus explicites et moins nombreux, permettant à chacun de mieux

comprendre le fonctionnement de Mileos®.

L'utilisation de variétés peu sensibles au mildiou est un autre moyen pour le producteur d'éviter l'entrée de la maladie. C'est d'ailleurs un élément déterminant pour les producteurs convertis à l'agriculture biologique. Les années à fort risque mildiou, comme 2007, ont plutôt tendance à lisser ces tolérances variétales mais il est malgré tout possible de valoriser la sensibilité variétale.

### **Utiliser les moyens existant pour faire face à la pression de l'épidémie**

En cours de végétation, la lutte chimique via l'application de fongicides préventifs ou rétroactifs est à raisonner au mieux : le produit à appliquer doit être adapté en fonction :

- du stade de la culture,
- du risque mildiou dans l'environnement,
- de son mode d'action, de sa résistance au lessivage
- et de la pression de la maladie.

Il est également nécessaire de bien choisir les périodes de traitement et de vérifier la qualité de la pulvérisation pour assurer un traitement optimal. Compte tenu des risques de développement de la résistance aux substances actives, une stratégie de gestion des risques doit être mise en place, en particulier vis-à-vis de la famille des phénylamides.

Pendant la phase épidémique, les outils d'aide à la décision, basés sur des modèles épidémiologiques, renseignés par des données météorologiques en temps réel, **permettent de simuler l'évolution du mildiou** pour en déduire les meilleures dates de traitements. Ils doivent être associés à une **observation attentive de la parcelle** et de son environnement proche.

Depuis plusieurs années, l'étude de produits alternatifs de type Stimulateurs de Défenses des

Plantes (SDP) est approfondie et permettra à terme de diminuer les quantités de matières actives appliquées à l'hectare. Certains produits alternatifs montrent des résultats prometteurs, notamment en association avec une dose réduite de fongicides. Tous ces moyens visent à réaliser une gestion raisonnée de la culture de pomme de terre vis-à-vis du mildiou, de la plantation jusqu'au défanage.

Violaine Jaunâtre,  
[v.jaunatre@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:v.jaunatre@arvalisinstitutduvegetal.fr) Denis  
Gaucher, [d.gaucher@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:d.gaucher@arvalisinstitutduvegetal.fr) Cyril  
Hannon, [c.hannon@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:c.hannon@arvalisinstitutduvegetal.fr)  
Elise Vannetz el, e.vannetz  
[el@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:el@arvalisinstitutduvegetal.fr) ARVALIS-Institut du  
végétal



## 6 RECOLTE DE LA POMME DE TERRE

SIMULATION DE CHANTIER: RECOLTER A PLUSIEURS -

### **SIMULATION DE CHANTIER: RECOLTER A PLUSIEURS.**

Octobre 1998. Michel Martin et Catherine Rieu

*(D. BELAID 22.11.2014. La culture de la pomme de terre connaît un essor considérable. Souvent c'est le facteur main d'oeuvre qui pose problème lors de la récolte. La solution passe par l'utilisation d'arracheuse-chargeuse de pomme de terre. Les tubercules sont récoltés par une arracheuse tractée par un premier tracteur. Un second tracteur tire une remorque qui reçoit les pommes de terre. Le coût des arracheuses chargeuses est élevé. La solution peut passer par l'achat d'un tel engin par plusieurs agriculteurs. Très tôt, sur ordinateurs les ingénieurs d'Arvalis ont réalisé des simulations du déroulement de tels chantiers. Ils ont notamment testé le facteur variétal qui détermine les dates de début et de fin arrachage.*

*Les extraits de l'article: COUT DE PRODUCTION DE LA POMME DE TERRE: Le partage de l'arracheuse de Michel Martin et Catherine Rieu date certes de 1998. Les montants financiers sont d'ailleurs exprimés en francs.*

*L'article n'en garde pas moins une grande valeur. Ce type d'analyse pourrait être repris dans le cadre de mémoires de fin d'études ou par des cadres de terrain ayant à conseiller d'éventuels investisseurs. Il suffit de se procurer ce type de logiciel. Cette démarche de simulations de choix agricoles est à développer. Elle peut être appliquée par exemple à des exploitations désirant acheter en commun pour réaliser leurs chantiers de semis. On peut également imaginer des études concernant des chantiers de récolte des fourrages. A ce titre, cet article est très intéressant).*

Planter des cultivars affichant des précocités différentes à la place d'une variété unique peut présenter un intérêt lorsque l'on souhaite partager une arracheuse entre plusieurs exploitants. Une simulation réalisée par l'Itcf dans le cas d'une exploitation du Santerre montre qu'un tel choix peut avoir des conséquences multiples.

Les producteurs de pomme de terre sont confrontés à de nombreux choix possibles en matière

d'équipement et d'organisation du travail. Les variétés, la mécanisation, l'irrigation ainsi que le mode de conservation sont autant de facteurs qui peuvent influencer le résultat d'exploitation et l'organisation du travail. Pour apporter quelques éléments de réponse à ces différents choix possibles, nous avons simulé quelques unes de ces hypothèses techniques à partir d'une exploitation du Santerre grâce à notre modèle informatique SIMEQ. Il s'agit d'une exploitation de 150 ha, avec 20 ha de pomme de terre non irriguée. Dans sa situation actuelle, l'exploitant récolte déjà avec un voisin. Le chantier total d'arrachage porte sur 40 ha de pomme de terre de type « Bintje », (soit 20 ha chacun).

A partir de cette situation réelle, nous avons exploré quelques hypothèses pour, d'une part, quantifier leur impact économique et, d'autre part, déterminer les conséquences techniques de ces choix (temps de travail, organisation des chantiers). Dans un souci de clarté, nous n'avons retenu qu'un nombre limité d'indicateurs nous permettant d'apprécier l'intérêt de tel ou tel choix. Pour les résultats techniques, nous nous cantonnerons essentiellement aux dates fin de chantier. Nous évaluerons essentiellement la marge directe d'exploitation et le coût de production de la pomme de terre, pour les résultats économiques.

Les différentes alternatives techniques explorées sont :

- le partage de l'arracheuse en production standard de type « Bintje », présenté dans notre précédent numéro.
- le partage de l'arracheuse en utilisant des variétés de précocité différente (présenté dans ce numéro),
- l'irrigation,
- la mise en oeuvre du billonnage et du tamisage,
- le mode de réception et de stockage.

### **Le partage de l'arracheuse (avec des variétés de précocité différente)**

La première simulation présentée précédemment a montré que la surface totale que peut récolter l'arracheuse en copropriété est limitée à 80 ha (voir encadré). Cette limite est à mettre en relation avec l'utilisation d'une seule variété de type « Bintje », la période optimale de récolte se situant entre le 1er et le 30 septembre. Dans le cadre de la simulation, on pense qu'il serait possible d'augmenter le chantier de récolte à 120 ha en choisissant d'implanter, en proportions identiques, des variétés de précocité différente. Ceci permettrait d'étaler la période de récolte entre le 15 août et le 15 octobre, en choisissant trois types variétaux différents (précoce, standard et tardive).

Cependant, les trois variétés choisies correspondent à trois produits différents. Les rendements, les prix de vente et le marché auquel elles s'adressent sont différents. De même, la charge en intrants varie également en fonction des modifications de l'itinéraire technique, notamment en raison du coût du plant et du nombre de traitements « antimildiou ».

On peut s'interroger sur les conséquences techniques et économiques d'un tel choix :

- savoir si ce choix permettrait de raccourcir significativement la durée de l'arrachage.
- connaître le niveau de produit (rendement x prix) à atteindre avec les variétés précoce et tardive pour dégager la même marge directe que celle obtenue avec la variété standard dans le cadre des hypothèses retenues (tableau 1).

## **LES RESULTATS.**

### **Sur le plan technique**

Après simulation, le tableau 2 montre que l'utilisation de variétés à précocité décalée permet de terminer la récolte des 120 ha de pomme de terre en

moyenne 6 jours plus tôt que si l'on cultive uniquement une variété de type standard. La figure 1 montre aussi une plus grande régularité de la date fin de récolte d'où une meilleure régularité à attendre dans la qualité des tubercules récoltés. De plus, on ne franchit que 2 fois en 25 ans la date du 11 octobre correspondant à la date du seuil optimum d'implantation des blés. Avec une seule variété, ce cap est franchi 9 fois sur 25 ans, soit plus d'une année sur trois. L'implantation des blés, qui débute la deuxième décennie d'octobre, se réalise ainsi dans de meilleures conditions. Le rendement de ces blés est amélioré de plus d'un quintal en moyenne sur 25 ans (figure 1).

### **Sur le plan économique.**

Dans le cadre des hypothèses initialement retenues, la culture d'une seule variété de pomme de terre de type standard, sur 120 ha, dégagerait une marge directe(1) de 9 720 F par hectare avant frais de stockage et conservation.

En choisissant trois types variétaux différents, les agriculteurs sont confrontés à trois productions différentes aux répercussions économiques diverses :

- les variétés précoce et tardive présentent des coûts d'intrants supérieurs à ceux d'une variété de type standard, soit respectivement 7 530 F et 7 700 F/ha, au lieu de 6 500 F compte tenu de prix de plants généralement plus élevés pour des variétés non encore tombées dans le domaine public et d'un poste fongicide différent.
- les charges de mécanisation et de main d'oeuvre, générées par une variété précoce, sont un peu inférieures à celle d'une variété standard, soit 4 540 F par hectare au lieu de 4 780 F. Ceci s'explique par moins de traitements antimildiou et l'absence de broyage de fanes,
- celles générées par une variété tardive sont légèrement supérieures, soit 5 070 F par hectare. Ceci est dû à un plus grand nombre de traitements antimildiou et un broyage de fanes systématique.

### **Avant de prendre sa décision l'agriculteur doit faire une approche par équivalence.**

Pour que les variétés précoce et tardive procurent le même niveau de marge directe que celle obtenue avec une variété standard, (9 720 F par ha), il faudrait que le produit soit de 21 610 F pour la variété précoce et de 22 490 F pour la variété tardive, alors qu'il n'est que de 21 000 F pour la variété standard.

Ceci correspond :

- pour une variété tardive, à un rendement supérieur de 3 t pour un même niveau de prix (500 F/T),
- pour une variété précoce, à un prix supérieur de

14,50 F/T, pour un même niveau de rendement (42 t).

Si on admet que la variété précoce présente un rendement inférieur à celle d'une variété standard de 5 t, soit 37 t/ha, le prix de vente devra alors atteindre 584 F/T. De même, si l'on prend l'hypothèse d'une pomme de terre de féculé dans le cas de la variété tardive, avec une valorisation "plancher" de 400 F/T, il faudra que le rendement atteigne 56,2 t/ha pour respecter l'équivalence de marge directe.

### Pour conclure

Pour chacune des décisions qu'il prend, l'agriculteur doit mesurer les conséquences techniques et économiques que cela aura au niveau de son exploitation. Ici, on montre qu'une décision qui se justifie sur le plan technique doit être chiffrée finement sur le plan économique.

En effet, le choix de variétés de pomme de terre à précocité décalée permet de terminer la récolte plus tôt qu'avec une variété standard. Les blés de pomme de terre sont alors implantés dans de meilleures conditions. Mais en choisissant trois types variétaux différents, les agriculteurs implantent trois produits qui peuvent avoir des marges différentes. D'autre part, ce choix entraîne d'autres implications techniques et économiques qui peuvent être également importantes, notamment en matière de stockage. Dans le cas particulier présenté ici à partir d'hypothèses prédéfinies, on montre comment on peut utiliser le calcul de marge équivalente pour consolider un choix technique pertinent.

(1) produit nécessaire pour obtenir une marge directe équivalente à 9 720 F (1) La marge directe est obtenue en retranchant du produit les intrants et les charges de mécanisation et de main d'oeuvre directe propres à cette activité. On ne prend pas en compte, ici, les coûts de stockage et de conservation, ni les

autres charges fixes (frais de gestion, fermage, assurances...).

### Le partage de l'arracheuse en production standard de type Bintje

Dans l'hypothèse où les deux exploitants ne plantent qu'un seul type variétal (Bintje), la simulation montre que l'arracheuse peut récolter jusqu'à 80 ha de pommes de terre, sans difficultés particulières. Par contre, il semble plus hasardeux d'aller au-delà. En effet, l'allongement exagéré de la durée de la récolte provoque des risques de récolte trop tardive (après le 15 octobre) une année sur trois avec pénalisation potentielle de la qualité des tubercules (endommagements, sucres réducteurs,...).

Cette situation entraîne aussi des retards sur les chantiers de blé suivants. Ces perturbations sont aggravées par des épisodes pluvieux fréquents au mois d'octobre. Il peut donc s'ensuivre une pénalisation du résultat de l'exploitation et un risque supplémentaire à assumer pour les agriculteurs copropriétaires de l'arracheuse. C'est ce que nous observons quand le chantier d'arrachage est porté à 120 ha.

**Résumé :** Une simulation informatique réalisée par l'Institut technique des céréales et des fourrages, dans le cas d'une exploitation du Santerre, montre que le choix de variétés de pomme de terre à précocité décalée permet de terminer la récolte plus tôt que si l'on opte pour une variété unique. De ce fait, les blés suivant la pomme de terre se révèlent implantés dans de meilleures conditions. Ce choix permet, par ailleurs, d'augmenter les superficies récoltées lorsque l'on dispose d'une arracheuse achetée en copropriété. Mais, retenir trois types de variétés différents peut se solder par des marges différentes. Ce choix entraîne aussi d'autres implications techniques et économiques qu'il faut évaluer, notamment, en matière de stockage.

**Perspectives Agricoles – n°239 – octobre 1998.  
Michel Martin et Catherine Rieu (ITCF Arvalis.fr).**

## 7 CONSERVATION DE LA POMME DE TERRE

STOCKAGE DES POMMES DE TERRE: ADAPTER LES TEMPERATURES - LE CHOIX DES INHIBITEURS de germination s'étoffe! - UTILISATION D'ANTI-GERME NATURELS - REDUIRE LES RISQUES DE NOIRCISSEMENT INTERNE -

### STOCKAGE DES POMMES DE TERRE: ADAPTER LES TEMPERATURES

La France Agricole n° 3049. 10 septembre 2004

L'optimum de température de conservation des tubercules dépend notamment de la variété et du débouché envisagé.

**Le stockage des pommes de terre à basse température** (inférieure à 5 °C), largement utilisé aujourd'hui, surtout pour le marché du frais, permet de limiter les pertes de poids, de maîtriser la gale argentée et la dartoise et de réduire ou supprimer l'inhibiteur de germination.

**Mais il favorise aussi la formation de sucres solubles**, en quantité minimale à maturité du tubercule. La proportion de sucres peut être multipliée par 4 ou 5, voire 10, en l'espace d'un mois, révèle Jean-Michel Gravouille, d'Arvalis. Or le fructose et le glucose (sucres réducteurs) **conditionnent la couleur et la saveur des pommes de terre.**

Présents en trop grande quantité, ils rendent les tubercules **inaptes à la friture**. A l'inverse, une température trop élevée favorise le 'sucrage' de sénescence, qui apparaît en cas de stockage prolongé.

Pour respecter **les valeurs seuils en sucres réducteurs** (1), une bonne maîtrise de la température de stockage s'impose. « *Il faut trouver un compromis entre une valeur assez élevée (9-10 °C), permettant d'éviter le sucrage à froid et une valeur plus basse (6 °C), limitant le sucrage de sénescence* », explique Jean-Michel Gravouille.

L'optimum de température dépend de :

- la variété, du débouché

- et, pour la pomme de terre de transformation, de la durée de conservation (voir tableau).
- La température sera d'autant plus basse que la durée de stockage est longue.

Pour le débouché transformation (chips et frites), mieux vaut éviter de récolter trop tardivement et à une température trop basse (inférieure à 12-15 °C), car le séchage de tubercules humides à la mise en tas entraîne :

- un abaissement rapide de leur température
- et une élévation de la teneur en sucres.

Le stockage de longue durée doit être réservé aux lots issus de **parcelles défanées à maturité**. Ceux pour lesquels la teneur en sucres ou l'aptitude à la friture avoisine le seuil maximal d'acceptabilité à la récolte, doivent être écartés. La température **est abaissée progressivement** (0,2-0,5 °C/jour maximum) jusqu'au niveau souhaité.

Pour le marché du frais, la conduite de la température de consigne **est également primordiale** pour respecter la qualité culinaire des tubercules. Arvalis conseille de

- les sécher et de les refroidir rapidement à environ 12 °C, pour la cicatrisation des blessures,
- puis d'abaisser la valeur (0,5 à 0,6 °C/jour) jusqu'au seuil optimal.

Disposer d'un système automatisé par mélange d'air et d'un groupe froid est un plus pour maîtriser la régulation de la température.

- (1) Au maximum 0,2-0,3 % du poids frais pour la transformation en chips (optimum 0,1 %), 0,4-0,6 % pour les frites surgelées, les flocons et pommes de terre

stérilisées (optimum 0,25 %), 0,4-0,6 % pour le frais destiné à la fabrication de frites ou de pommes rissolées, 0,8 % pour les autres modes d'utilisation.

## LE CHOIX DES INHIBITEURS DE GERMINATION S'ETOFFE!

Michel MARTIN ARVALIS 2013.

*Au début des années 80, jeune ingénieur agronome affecté comme conseiller technique à un Domaine Agricole Socialiste à Kaïs, j'avais été confronté à la conservation d'une récolte de pomme de terre. Il s'agissait de semences. Stockée dans un local à température ambiante depuis leur récolte, les tubercules avaient développé des germes. Un des responsables de l'exploitation avait pris l'initiative d'affecter deux ouvriers pour ôter ces germes des tubercules. Fièrement, il m'avait montré le chantier: les deux ouvriers assis sur des cageots un tas de pomme de terre devant eux.*

*Cette scène m'a marqué. J'étais ignorant de la façon de conserver des pommes de terre l'été en l'absence de cave ou de tout autre local frais. Je ne connaissais pas l'existence d'inhibiteurs de germination.*

*L'article qui suit fait le point sur la question en France. Chacun remarquera que certains des produits cités sont intéressants de part leur relative disponibilité locale. Il s'agit de l'huile de menthe et de l'éthylène.*

*Concernant l'éthylène, on pourra lire dans l'article: « Dans le procédé Restrain, l'éthylène est produit par catalyse de l'éthanol présent dans le réservoir de l'appareil ». Cela nous interpelle. N'y a-t-il pas en Algérie de chimiste sachant réaliser la catalyse de l'éthanol? La maîtrise de cette réaction permettrait d'améliorer le stockage.*

*Concernant, il y a matière à développer une start-up: produire de l'huile de menthe est un procédé facile. Les doses à utiliser sont relativement faibles. Sous réserve que le produit soit homologué par les autorités compétentes, il y aurait matière à proposer ce produit aux producteurs et propriétaires de chambres froides. Mieux, il y aurait des possibilités d'exportation...*

*Ingénieurs et techniciens chimistes ou tout simplement investisseurs passionnés, il y a là un marché à saisir. D.BELAID 22.10.2014.*

Le chlorprophame (CIPC) est resté longtemps **le seul produit utilisable** contre la germination des pommes de terre de consommation. Avec l'homologation en 1992 :

- de l'hydrazide maléique applicable en végétation
- et, plus récemment, de l'huile de menthe en 2010
- et de l'éthylène en 2011, le choix du producteur s'est élargi pour maîtriser ce paramètre important de la conservation.

Les producteurs de pommes de terre de consommation disposent désormais d'une gamme de **quatre produits** pour adapter leurs stratégies de traitement antigerminatif en fonction du degré de sophistication de leur bâtiment de stockage, du type de variétés et de débouchés, de la température de consigne et de la durée de conservation envisagée.

Combiner l'utilisation des différents produits permet de parvenir au résultat escompté en tirant le meilleur parti des spécificités de chaque molécule. Mais le coût varie selon le prix de chacun d'entre eux et des doses appliquées (tableau 1).

### **Hydrazide maléique : un antigerminatif à multiples facettes**

L'hydrazide maléique (Fazor, Itcan, Himalaya...) doit être **appliqué en végétation** avant que les tubercules ne soient trop développés (calibre inférieur ou égal à 30/35 mm) et au minimum 15 jours à 3 semaines avant la date de défanage. Ce produit **systémique a ainsi le temps de migrer** vers les tubercules et d'y être présent en quantité suffisante au moment de la récolte.

Il bloque en général la germination des tubercules pendant 2 à 3 mois, en fonction de la variété et de la température de conservation. Le producteur dispose

alors d'une plus grande souplesse pour raisonner la date de première intervention en vue de traitement(s) complémentaire(s) par thermonébulisation, en cas d'allongement de la durée de stockage. Les essais réalisés par ARVALIS - Institut du végétal avec les sociétés concernées par le produit ont par ailleurs montré qu'en fin de conservation, il pouvait limiter le risque de germination interne, notamment pour les variétés destinées à la transformation industrielle, stockées à 8 °C et plus. Il possède aussi des actions secondaires intéressantes pour **réduire la repousse physiologique (rejumelage)** en végétation et les repousses de pomme de terre dans les cultures suivantes.

### **Huile de menthe et éthylène : utilisables en agriculture biologique**

L'huile de menthe et l'éthylène sont **deux molécules d'origine naturelle**, tout récemment homologuées en France (spécialités commerciales BioxM et Restrain). Inscrites sur la liste des produits utilisables en Agriculture Biologique, **elles apportent une avancée significative par rapport au stockage à basse température**, seule méthode possible jusqu'alors. Ces deux produits ne laissent pas de résidus sur les tubercules et n'ont pas de Limite Maximale de Résidus (LMR).

L'huile de menthe doit être appliquée **par thermo-nébulisation** dans un bâtiment équipée d'une ventilation optimale pour assurer sa bonne répartition. **Elle détruit le germe** en formation à condition de bien respecter la dose homologuée : 90 ml/t pour la première application puis 30 ml/t pour les applications de renouvellement. Le bâtiment doit rester au repos, **fermé pendant au moins 48 h**, le temps que le produit agisse, car il est particulièrement volatile.

- La première application se réalise assez tôt, au plus tard au stade point blanc, de façon à détruire au mieux le méristème à l'origine du germe.
- L'opération doit être renouvelée lorsque la germination reprend, au plus tard à nouveau au stade point blanc, c'est-à-dire après quelques semaines selon la variété et la température de stockage.

**Le mode d'action de l'éthylène**, hormone végétale, est tout autre. Ce produit :

- **ne détruit** pas les germes
- **mais freine** considérablement leur apparition
- puis **leur vitesse** d'élongation.

Son efficacité antigerminative s'améliore encore **si la pression germinative est faible** (température de consigne basse et variété à repos végétatif long). Dans tous les cas, si les germes apparaissent, ils restent petits, trapus et faiblement adhérents.

Ils s'éliminent aisément à la moindre manipulation des tubercules. Ils repoussent cependant très vite **lorsque les pommes de terre sont déstockées** ce qui oblige à être rigoureux dans le délai de mise en marché. L'éthylène agit sous forme gazeuse. Après une phase lente de montée en concentration, pour éviter un stress trop important des tubercules, l'ambiance du bâtiment doit **conserver une concentration minimale de 10 ppm** pendant toute la durée du stockage.

Cela n'exclue pas l'aération régulière du bâtiment pour éviter une élévation néfaste de la teneur en CO<sub>2</sub>. Dans le procédé Restrain, l'éthylène **est produit par catalyse** de l'éthanol présent dans le réservoir de l'appareil.

La cuisson vapeur n'est pas altérée par l'utilisation en stockage de l'un ou de l'autre de ces produits.

Mais l'éthylène oblige à une **mise en marché rapide** des tubercules car il tend à accroître le sucrage: cette technique est donc déconseillée pour les débouchés de produits frits industriels.

### **CIPC : application possible par pulvérisation UBV**

**L'application du CIPC par thermonébulisation** s'est beaucoup développée durant les quinze dernières années, notamment pour réduire le risque de brûlures sur les tubercules destinés au lavage : l'application dans le bâtiment de stockage s'effectue en effet après un séchage complet et une bonne cicatrisation des tubercules.

**Le fractionnement possible des traitements** permet également de maintenir un faible niveau de résidus. La dose varie à chaque application selon la « pression germinative » attendue. Celle-ci dépend surtout de la température de consigne et de la variété stockée (durée du repos végétatif et vitesse d'incubation). La quantité totale de matière active applicable par campagne ne peut réglementairement pas dépasser 36 g par tonne de tubercules stockés.

#### **L'arrivée de la pulvérisation à bas volume**

Le poudrage des tubercules peut être aujourd'hui remplacé par une pulvérisation liquide à ultra bas volume grâce aux nouvelles spécialités récemment homologuées (Gro Stop Ready, Neostop Starter, Antigerme Brabant Basic...). Cette technique assure un dosage plus précis du produit à condition de disposer d'un équipement capable

de travailler à volume réduit (Delvano, PieperDoes...). Les mêmes précautions qu'au poudrage doivent être prises : application sur tubercules secs, non blessés et non terreux. Comme une dose importante peut être appliquée à la mise en tas (jusqu'à 18 g de matière active par tonne), le délai réglementaire de 54 à 60 jours doit être respecté avant la mise en marché des tubercules pour éviter tout dépassement de la LMR fixée à 10 ppm.

### TRAITEMENTS : différentes stratégies à coûts variables

Traitement antigerminatif Dose matière active  
Estimation de coût

Hydrazide maléique 3 000 g/ha env. 2,30€/t

CIPC poudre 15 g/t env. 2€/t

CIPC liquide 15 g/t env. 2€/t

CIPC thermo 36 g/t env. 5€/t

Ethylène 10 ml/m<sup>3</sup> env. 5€/t

Huile de menthe 250 g/t env. 15€/t

CIPC UBV puis thermo 5 g/t puis 24 g/t env. 4,50 €/t

Hydrazide maléique puis CIPC thermo 2 400 g/ha puis 24 g/t env. 5,50€/t

Hydrazide maléique puis huile de menthe 2 400 g/ha puis 150 g/t env. 11€/t

Tableau 1 : Coût estimatif de différentes stratégies antigerminatives.

Photo: Huile de menthe et éthylène : deux modes d'action très différents (nécrose des germes ou blocage de leur élongation). © M. Martin, ARVALIS-Institut du végétal

QUANTITÉ APPLIQUÉE : pas plus de 36 g de CIPC par tonne de tubercules par campagne Application  
Consigne Dose Conditions d'application

1er traitement

8 à 9 °C 12 ppm

7 à 8 °C 10-12

5 à 6 °C 8-10

2 à 3 semaines après la rentrée des tubercules, après séchage et cicatrisation

2è traitement (6 à 8 semaines après la 1re intervention)

8 à 9 °C 8-10 ppm

7 à 8 °C 6-8

5 à 6 °C 4-6

3è traitement (6 à 8 semaines après la 2è intervention)

8 à 9 °C 8-10 ppm

7 à 8 °C 6-8

5 à 6 °C 4-6

Tableau 2 : Doses de CIPC communément appliquées par thermonébulisation pour une durée de conservation de 6 à 7 mois selon la température de consigne des tubercules

### Des bâtiments de stockage exclusifs pour la pomme de terre

L'emploi du chlorprophame (CIPC) conduit à une pollution très ubiquiste des bâtiments de stockage qu'il est pratiquement impossible d'éliminer après la période de conservation même par un nettoyage rigoureux. Il est donc impératif de ne pas stocker dans ces bâtiments, même de façon temporaire, d'autres produits agricoles que des pommes de terre de consommation. La Limite Maximale de Résidus (LMR) de ces produits est très proche du seuil de détection analytique (1). La thermonébulisation est sans nul doute la méthode qui entraîne une distribution du produit sur l'ensemble des parois intérieures du bâtiment du fait de la création d'un brouillard de particules insufflées dans la masse des tubercules stockés par mise en marche de la ventilation. Le poudrage et la pulvérisation liquide sur les pommes de terre lors de leur mise en stockage limite l'application indirecte de produit sur les infrastructures du bâtiment.

Cependant, elles peuvent être malgré tout polluées par les molécules de chlorprophame, soit par une redistribution du produit sous forme vapeur dans l'ambiance du bâtiment durant la conservation soit, plus directement, par la mise en suspension de poussières contaminées lors des opérations de manutention des tubercules à la mise en tas et, surtout, au déstockage. (1) LMR sur pomme de terre : 10 mg/kg ; LMR sur céréales : 0,02 mg/kg ; LMR sur oignons pois, féveroles : 0,05 mg/kg ; LMR sur colza 0,1 mg/kg

### L'ESSENTIEL

- Avec les produits, le producteur de pommes de terre est désormais mieux équipé pour lutter contre la germination.

-L'éthylène oblige à une mise en marché rapide des tubercules.

-C'est le nombre d'inhibiteurs de germination désormais disponibles pour les pommes de terre de consommation.

Michel

Martin-

[m.martin@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:m.martin@arvalisinstitutduvegetal.fr) ARVALIS - Institut du végétal Septembre 2013 - N°403 PERSPECTIVES AGRICOLES 24-26

### REDUIRE LES RISQUES DE NOIRCISSEMENT INTERNE

(D. BELAID 22.11.2014. Ces derniers jours la presse nationale évoque les variations du prix des pommes de terre. A cette occasion, il a été signalé les pertes que peut occasionner le stockage en chambre froide. Nous souhaiterions apporter une contribution technique au débat en rappelant les résultats de travaux étrangers en matière de stockage et de lutte contre le noircissement interne. Notamment à travers les travaux de Jean-Michel Gravouille\*.

*Il a apparaît que le succès du stockage se prépare dès la phase de culture (choix variétal, fertilisation potassique) et de récolte (absence de choc). Quant au stockage proprement dit, certains facteurs sont déterminants: pression sur les tubercules, humidité du local).*

Lorsqu'ils sont riches en matière sèche comme cette année, les tubercules de pomme de terre sont plus sensibles au développement du noircissement interne. Différentes mesures préventives limitent les risques d'apparition de ce désordre physiologique:

- le maintien des réserves potassiques du sol à un niveau élevé,
- la réduction de la déshydratation des tubercules au cours du stockage,
- des manipulations douces à une température suffisamment élevée...

La récolte 2012 de pommes de terre de consommation semble globalement de bonne qualité. Cependant, ce cru s'affiche en tendance riche en matière sèche, avec une teneur moyenne proche de celle observée en 2009, et une turgescence des tubercules limitée par la faible pluviosité de la fin du cycle dans certaines zones. Ces facteurs sont favorables au développement du noircissement interne, en particulier sur les variétés destinées à l'industrie, généralement plus sensibles. Si une grande vigilance s'impose à la récolte et à la mise en stockage, l'attention doit être maintenue jusqu'à l'utilisation finale pour limiter le développement de ce désordre physiologique.

### **Un choc de faible intensité suffit**

Le noircissement interne se développe lorsque les tubercules sensibles **ont reçu un choc ou lorsqu'ils sont soumis à une pression prolongée**. Les chocs peuvent intervenir tout au long de la chaîne de récolte et de conditionnement lors des chutes et des projections sur des matériaux durs. L'importance des lésions produites est en relation directe avec les hauteurs de chute et le poids des tubercules. C'est pourquoi, il est recommandé de manipuler les tubercules le moins souvent possible et avec précaution (**chutes inférieures à 30 cm**).

**Contrairement aux autres types d'endommagements** (éclatement, écrasement, fissures internes) qui résultent d'une rupture massive des parois cellulaires, le noircissement interne peut se développer à la suite de **chocs d'énergie parfois très faibles** mais suffisants pour provoquer des lésions membranaires.

Cette réaction peut même s'observer après conservation uniquement suite à des pressions sur les

tubercules situés à la base d'un tas vrac, voire en caisses palettes si les pommes de terre sont très déshydratées. Une hauteur de tas de 4 mètres **est un maximum conseillé**. De même, des déshydratations localisées au niveau des zones de contact entre les tubercules (« facettes ») peuvent induire l'apparition de symptômes de noircissement interne après le déstockage lors du réchauffement des pommes de terre. Ces problèmes sont principalement liés à une mauvaise maîtrise de la ventilation (voir encadré).

#### **Limiter la déshydratation des tubercules**

Les pommes de terre peuvent fortement se déshydrater lors du stockage si certaines précautions ne sont pas prises à la récolte puis durant la conservation.

Première condition pour limiter les pertes en eau des tubercules : ne pas les blesser lors de l'arrachage et les laisser « se cicatrifier » les premiers jours après la récolte. En début de campagne, les périodes les plus fraîches de la journée doivent d'ailleurs être privilégiées pour récolter : si les pommes de terre sont trop chaudes au moment d'entrer dans le bâtiment de stockage, où l'air est beaucoup plus frais, les pertes d'humidité sont importantes. Durant le stockage, il faut ensuite veiller à maintenir un taux d'humidité de l'air suffisant. Pour cela, le système de ventilation peut être automatisé pour rechercher les heures les plus humides de la journée. Un groupe froid peut également être utilisé de manière à maximiser l'humidité de l'air, ou bien un système de brumisation peut être installé. Cependant, il ne faut pas que celui-ci favorise la condensation à la surface des tubercules car l'humidité doit se limiter à la forme gazeuse. Les gouttelettes du brumisateur doivent être les plus fines possible afin de maximiser la surface d'échange avec l'air ambiant et accélérer leur vaporisation. À titre d'exemple, la brumisation d'un litre d'eau sous forme de gouttelettes de 10 micromètres fournit une surface d'échange équivalente à un terrain de football. Si nécessaire, une destruction précoce des fanes permet de contrôler voire stopper l'accumulation de matière sèche dans les tubercules.

Les taches apparaissent généralement un à quelques jours, voire quelques semaines, après que ce soient produites les lésions. C'est pourquoi des lots de pommes de terre expédiés apparemment indemnes peuvent parvenir au destinataire plus ou moins atteints.

#### **Contrôler la teneur en matière sèche**

La sensibilité des tubercules au noircissement est surtout liée à

- la variété,



- mais également à leur teneur en matière sèche.

Plus celle-ci est élevée, plus ils sont sensibles (figure 1). Le noircissement interne affecte d'ailleurs principalement les pommes de terre destinées à la transformation **dont la teneur en matière sèche dépasse 21-22 %**. Toutefois, cette relation n'est pas parfaite. D'autres facteurs comme :

- la taille et la localisation des cellules
- ou la distribution de la matière sèche dans les tubercules peuvent interférer. Les tubercules à cellules de grande taille sont plus sensibles que ceux à petites cellules.
- Les variétés à tendance piriforme peuvent se montrer plus sensibles sur la zone pointue du talon : l'énergie lors d'un choc est moins bien répartie.

### Le potassium renforce la résistance

Autre critère important dans la sensibilité des tubercules au noircissement : leur teneur en potassium. **Lorsqu'elle augmente, leur sensibilité diminue**. Elle devient très faible au-delà de 2,5 g/100 g de matière sèche. L'effet bénéfique du potassium peut s'expliquer par le fait que les doses élevées occasionnent une diminution des teneurs en tyrosine et en matière sèche. Il est aussi possible que le potassium ait un effet direct sur les propriétés mécaniques des parois cellulaires. Maintenir les réserves potassiques du sol à un niveau élevé constitue donc un outil de prévention.

### Des tubercules bien hydratés

Si le manque de turgescence des tubercules **prédispose au noircissement interne**, c'est parce qu'une mauvaise alimentation en eau ou une forte transpiration en cours de végétation augmentent la sensibilité des tubercules. Les cellules à faible turgescence **se déforment de façon plus importante** pour une force donnée.

Elles atteignent ainsi plus facilement le point de déformation critique à partir duquel les membranes cellulaires sont endommagées par les grains d'amidon. Une irrigation régulière mais sans excès **peut limiter ce risque**.

Un apport d'eau dans les jours précédant ou suivants le défanage **peut par exemple s'avérer bénéfique** dans les situations où une pluviosité faible est associée à de fortes températures en fin de cycle après le dernier tour d'eau. Par ailleurs, une irrigation est parfois nécessaire pour faciliter l'arrachage et limiter

le risque d'endommagement des tubercules lié à la présence de mottes dures ou d'une quantité insuffisante de terre sur les chaînes de tamisage.

### Manipuler à température suffisamment élevée

Les basses températures du tubercule à la récolte mais surtout à la reprise de stockage sont également une cause extrêmement importante de sensibilisation au noircissement interne (figure 2). Dans un essai, le taux de tubercules touchés **a par exemple décuplé à la suite d'impacts subis à 3 °C contre 21 °C**. Si les tubercules présentent une grande sensibilité, il est conseillé de les manipuler à une température d'au moins 12 °C. **Réchauffer les pommes de terre industrielles** est par exemple indispensable avant le déstockage si la transformation n'est pas réalisée dans les heures qui suivent cette opération.

#### Des taches sous épidermiques de couleur gris-bleuté

Le noircissement interne se caractérise par des taches sous-épidermiques de couleur gris-bleuté (taches cendrées) d'un diamètre de 0,5 cm et plus. Elles peuvent évoluer en profondeur dans la chair des tubercules et devenir noires dans les cas les plus graves. Cette coloration indésirable provient de la formation de pigments par oxydation enzymatique du principal composé phénolique de la pomme de terre, la tyrosine, suite à une lésion des membranes cellulaires. Ce type d'endommagement étant interne, quasiment aucun tri manuel n'est possible. Les symptômes apparaissent principalement du côté du talon.

#### L'ESSENTIEL:

Un test en étuve peut être réalisé à la récolte pour évaluer le risque de développement du noircissement interne sur les lots destinés à la conservation.

Le noircissement interne peut se développer à la suite de chocs d'énergie parfois très faibles mais suffisants pour provoquer des lésions membranaires.

Les symptômes de noircissement interne sont principalement localisés sur le talon des tubercules.

La sensibilité des tubercules au noircissement est surtout liée à la variété, mais également à leur teneur en matière sèche.

La pulvérisation d'eau sur les tubercules, lors du chargement pour transport, peut retarder l'apparition de symptômes sur des lots très sensibles (variétés « chips »).

(\* ) Jean-Michel Gravouille ARVALIS-Institut du végétal [jm.gravouille@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:jm.gravouille@arvalisinstitutduvegetal.fr)  
PERSPECTIVES AGRICOLES - N°395 -  
DÉCEMBRE 2012



### 8 LA POMME DE TERRE A L'ETRANGER

Analyse des performances techniques des producteurs de la pomme de terre en Tunisie. Une approche non paramétrique -

#### **Analyse des performances techniques des producteurs de la pomme de terre en Tunisie. Une approche non paramétrique**

Fraj CHEMAK<sup>1</sup>, Leila ALLAGUI<sup>2</sup>, Yassine ALI<sup>3</sup>

(1) Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie (INRAT)

(2) (2) Ecole Supérieure d'Agriculture de Mograne (ESAM) Tunisie,

(3) Groupement Interprofessionnel des Légumes (GIL) Tunisie.

#### **Résumé**

Malgré le développement remarquable du secteur de la pomme de terre, les producteurs tunisiens encourent toujours des risques importants stimulés par l'enchérissement des prix des intrants et la fluctuation des prix à l'écoulement. C'est ainsi qu'une amélioration des performances techniques permet d'atténuer ces risques. Dans ce contexte, l'approche DEA a permis d'analyser l'efficacité technique d'un échantillon de producteurs de la région de Bizerte. Les résultats révèlent une inefficacité d'usage des ressources estimée à une moyenne de 19% sous l'hypothèse CRS et à 31% sous l'hypothèse VRS. Ainsi, les producteurs disposent d'une importante marge de progrès à conquérir. En vue d'expliquer la variabilité des scores d'efficacité technique, l'estimation d'un modèle Tobit montre que l'âge des producteurs, le mode de faire-valoir, la nature de la source d'eau et le système d'irrigation constituent des déterminants à considérer dans l'orientation des mesures de politique dans une perspective d'amélioration des performances techniques des exploitations.

**Mots-clés:** Tunisie, pomme de terre, efficacité, modèle DEA, modèle Tobit.

Jel code: C61, C81, Q12 NEW MEDIT N. 4/2014

#### **1. Introduction**

La pomme de terre revêt une grande importance diététique et économique; c'est la quatrième culture vivrière du monde après le blé, le riz et le maïs. Originnaire des Andes au Pérou, depuis le 16<sup>ième</sup> siècle, la culture de la pomme de terre est produite à travers les cinq continents du monde par plus de 150 pays. Chaque année, environ 20 millions d'hectares sont cultivés donnant lieu à une production d'environ 320 millions de tonnes. Plus de la moitié de la production mondiale est fournie par les pays en voie de développement (Cromme et al., 2010). La production est destinée à satisfaire, en premier lieu, les besoins nationaux étant donné que les échanges internationaux représentent seulement 6% de la production mondiale.

Les pays méditerranéens cultivent en moyenne 6% de

la superficie mondiale et contribuent avec 10% à la production mondiale (FAOSTAT, 2014). Depuis 1971, un Centre International de Pomme de terre (CIP) a été créé pour promouvoir la culture dans les pays en voie de développement dans une perspective de combattre la pauvreté et de soutenir la sécurité alimentaire de ces pays. L'année 2008 a été déclarée «Année internationale de la pomme de terre» par les Nations Unies en vue de montrer le rôle clé que peut jouer cette culture dans les défis de sécurité alimentaire et le combat contre la famine, susceptible de menacer notre globe dans les siècles à venir (FAO, 2009). En Tunisie, la pomme de terre est un produit stratégique qui s'est développé d'une manière remarquable durant les trois dernières décennies. Grâce à des conditions édaphoclimatiques favorables, la culture est pratiquée durant toute l'année comme culture de saison,

d'arrière-saison, de primeur et d'extra-primeur. En 2011, la superficie totale cultivée a atteint 23 200 ha dont 7530 ha en culture de saison et 10 320 ha en culture d'arrière-saison. La production totale s'est élevée à 36

7000 tonnes. Cette production est destinée essentiellement à satisfaire la demande nationale. En cas de baisse de l'offre et notamment, entre les saisons de production, la Tunisie fait recours à l'importation qui, en 2011, a atteint 6595 tonnes (Ministère de l'agriculture, 2012). En revanche, bénéficiant d'un contingent tarifaire sur le marché européen, la Tunisie a toujours encouragé les exportations de la pomme de terre qui ont totalisé, en 2011, 13 600 tonnes dont 87% vers des pays européens (GIL, 2012).

La culture de la pomme de terre est pratiquée principalement par des petits agriculteurs cultivant des superficies

1 Selon les statistiques publiées par le Centre technique de pomme de terre relatives à la campagne agricole 2003-2004, 25 193 producteurs ont assuré la production de la pomme de terre de saison, d'arrière-saison et de primeur et de ceux-ci, 92% pratiquent la culture sur des superficies de moins de deux hectares totalisant 67% des superficies cultivées (Voir <http://www.ctpt.com.tn/>)

inférieures à 2 ha. Malgré un engouement non équivoque pour la pratique de cette culture, les producteurs encourent toujours des aléas multiples de production et de commercialisation dont les retombées négatives compromettent parfois la prise de décision pour la poursuite de l'activité. C'est ainsi que la production nationale connaît des hauts et des bas avec une importante fluctuation des prix du marché. La pratique de la culture de la pomme de terre nécessite aussi un engagement financier de plus en plus important étant donnée l'augmentation des prix des intrants et notamment, celui des semences. Dans ce contexte, la rentabilité de la culture est bien aléatoire et elle est tributaire principalement de la situation de l'offre et de la demande. Face à cette instabilité, les producteurs devraient maîtriser davantage la technologie de production dans une perspective d'atteindre un optimum de production compte tenu des niveaux de consommation des intrants. Ainsi, l'objectif de ce travail est d'analyser les performances productives des producteurs de la pomme de terre en vue d'identifier les marges de progrès possibles de ce secteur dans une perspective d'usage rationnel des intrants. Pour cela, dans la deuxième partie nous allons parcourir l'évolution du secteur de la pomme de terre et son importance économique. La troisième partie sera dédiée à l'approche théorique adoptée

pour analyser les performances productives. Dans la quatrième, sera présentée l'estimation des modèles empiriques et l'analyse des résultats avant de conclure quant aux perspectives de développement de la culture.

## 2. Importance de la culture de la pomme de terre

La culture de la pomme de terre n'a cessé de se développer en Tunisie en vertu d'une demande de plus en plus croissante. En effet, le niveau de consommation annuel moyen est passé de 16,7 kg/tête, en 1975, à 19,5 kg/tête en 2010 voire une moyenne de 23 kg/tête pour les populations aisées (INS, 2013). Alors, en vue de satisfaire cette demande, les pouvoirs publics ont déployé les efforts nécessaires d'encadrement et d'accompagnement des producteurs depuis la production jusqu'à la commercialisation. Depuis plus d'une trentaine d'années des institutions<sup>2</sup>, avec des missions bien ciblées, ont été créées pour adapter les techniques de production, améliorer les rendements et soutenir les producteurs. C'est ainsi que les emblavures ont connu une évolution remarquable (Figure 1) passant d'une moyenne de 7256 ha dans les années 60 à une moyenne de 23236 ha dans les années 2000. En moyenne, la culture de saison, comme la culture de l'arrière-saison occupe le tiers des emblavures alors que le reste est occupé par les cultures de primeur et d'extra-primeur. Les rendements se sont nettement améliorés passant de 7,81 t/ha, durant les années 60, à 14,35 t/ha durant les années 2000. L'effet conjugué de l'extension des superficies et de l'amélioration des rendements a permis un accroissement remarquable de la production (Figure 2) qui est passée d'une moyenne de 56 889 tonnes durant les années 60 à une moyenne de 333400 tonnes durant les années 2000.

Malgré cette évolution remarquable, le secteur connaît des fluctuations importantes d'une année à l'autre. En analysant la période 2000-2011, nous signalons que la variation des emblavures a oscillé entre -9% (2009) et +11% (2004) alors que la production a oscillé entre -17% et +20% (Figure 3). En 2005, malgré une augmentation des emblavures de 6%, la production a connu une baisse de 17%. Cette variation se traduit par une fluctuation des prix à la production et encore plus important, des prix à l'écoulement (Figure 4). En effet, la variation annuelle des prix à la production a oscillé entre -35% (2004) et +42% (2005) alors que celle des prix à l'écoulement a oscillé entre -33% (2001) et +68% (2002). La campagne 2001 connaît la plus importante dispa-

2 a. Le Groupement Interprofessionnel des Légumes (GIL) a été établi par le décret-loi n° 73-1 du 10 août 1973 pour développer

les cultures légumières et particulièrement, la culture de pomme de terre essentiellement à travers le projet de multiplication des semences de pomme de terre certifiées classe «A», et les interventions de soutien des producteurs à l'écoulement et de régulation du marché par la constitution des stocks stratégiques.

b. Le Centre Technique de Pomme de Terre (CTPT) a été institué par la loi n°4-1996 du 19 janvier 1996 en vue de promouvoir les recherches appliquées et de soutenir les producteurs de pomme de terre en matière d'innovation technologique.

3 Les moyennes des emblavures, des rendements et des productions sont calculées à partir des statistiques publiées par la FAO (FAOSTAT, 2014).

Figure 1 - Evolution des emblavures.

Figure 2 - Evolution de la production

rité des variations annuelles pénalisant les producteurs. En effet, outre une augmentation du prix à la production de 2%, le prix à l'écoulement a connu une baisse de 33%. Une baisse de l'offre entraîne forcément une augmentation du prix du marché. La baisse de la production des campagnes 2002, 2005, 2007 et 2009 s'est traduite aussi par un enchérissement des prix à l'écoulement. Alors, dans une perspective

de préserver le pouvoir d'achat du consommateur et de sub-

venir à ses besoins, notamment entre les saisons de produc-

tion, le gouvernement fait recours à l'importation. Durant les

années 2000, la moyenne des importations s'élève à 20 000

tonnes par an alors qu'elle était d'environ 14 000 tonnes durant les années 80 (Ministère de l'agriculture, 2012). En revanche, la Tunisie bénéficie d'un contingent tarifaire de 20 000 tonnes sur le marché européen en vertu duquel les exportateurs sont exonérés des droits de douane entre le premier janvier et 31 mars. Malgré les multiples incitations (remboursement de 33% à 55% des frais de transport), les quantités exportées sont fluctuantes et restent très en dessous des ambitions. Durant les années 2000, la moyenne des quantités exportées est de 4770 tonnes par an seulement. Le maximum des quantités exportées a été atteint en 1997 avec 17 900 tonnes (Ministère de l'agriculture, 2012).

### 3. Approche théorique et revue de littérature

En vue d'établir un diagnostic opérationnel des pratiques des producteurs de pomme de terre et d'évaluer leurs performances productives, une approche d'analyse en deux étapes a été adoptée. La première étape consiste à mesurer l'efficacité technique des exploitations en adoptant l'approche Data Envelopment Analysis (DEA) et ce, en vue

d'apprécier le degré d'habileté des producteurs à maîtriser la mise en œuvre de la technologie de production. La deuxième étape cherche à expliquer la variabilité des scores de l'efficacité technique en estimant le modèle Tobit et ce, dans une perspective d'identifier les déterminants vecteurs d'une éventuelle perspective d'amélioration des performances productives.

#### 3.1. L'approche DEA

Initiée par les travaux pionniers de Farrell (1957), l'approche mesure de l'efficacité technique s'est imposée comme outil d'analyse privilégié en termes de recherche opérationnelle et de sciences de gestion (Gattoufi et al., 2004). Une unité de prise de décision (DMU) est dite techniquement efficace, au sens de la définition de Pareto-Koopmans, s'il est impossible d'augmenter un output et/ou de réduire un input sans simultanément réduire au moins un autre output et/ou augmenter un autre input (Thanassoulis, 2001). La figure 5 permet de mieux concrétiser ce concept dans le cas d'un seul output à partir d'un seul input. (...)

Figure 3 - Variation annuelle (2000-2011) des emblavures de la production

Figure 4 - Variation annuelle (2000-2011) des prix à la production et à l'écoulement.

(...)

En vue de neutraliser des éventuelles inefficacités d'échelle et de pouvoir mesurer l'efficacité technique pure, Banker et al. (1984) ont développé le modèle DEA sous l'hypothèse VRS représentée par le programme linéaire suivant: (2)

Sous contraintes:

L'approche DEA est non paramétrique et elle présente l'avantage de ne pas imposer aucune restriction a priori sur la forme fonctionnelle de production. Elle a connu un développement remarquable touchant tous les domaines des activités économiques et sociales (Colbert et al., 2000; Zhao et al., 2011; Sueyoshi et Goto, 2012; Abd Aziz et al., 2013; Mitropoulos et al., 2013; Li et al., 2013; Aristovnik et al., 2014; Wang et al., 2014; Wanke et Barros, 2014).

(...) Chemak et al. (2010) analysent l'efficacité technique des exploitations en irrigué des périmètres publics et privés et montrent que la stratégie des irrigants des périmètres publics qui consiste en la création de puits de surface comme deuxième source d'irrigation ne fait que baisser l'efficacité technique. Wossink et Denaux (2006) comparent l'efficacité d'usage des pesticides et leurs impacts environnemental et économique pour des producteurs du coton conventionnel et du coton transgénique de la

région Caroline du Nord aux USA. Ils montrent que les producteurs du coton transgénique sont techniquement plus efficaces et moins polluants mais ils sont moins performants sur le plan économique. Latruffe et al.(2002b) analysent l'efficacité technique et d'échelle des fermes polonaises. A cette fin, ils comparent les exploitations d'élevage à celles des grandes cultures. Leurs résultats suggèrent que les exploitations d'élevage révèlent une efficacité technique et d'échelle plus élevées. Sachant que l'efficacité d'échelle reste très élevée pour les deux types d'exploitation, ils concluent que l'inefficacité technique semble due principalement à une inefficacité technique pure, c'est-à-dire à une gestion inefficace.

### **3.2. Le modèle Tobit**

Identifier les facteurs qui sont à l'origine des inefficacités révélées permet aux décideurs de mieux planifier les orientations stratégiques dans une perspective d'accroissement de la production et de rationalisation de l'usage des ressources. Etant donné que les scores d'efficacité sont compris entre 0 et 1, l'estimation d'un modèle Tobit est l'approche la plus appropriée pour identifier les variables explicatives en question (Dimara et al., 2005; Wossink et Demaux, 2006; Karagiannis et al., 2003; Wilson et al., 2001; Latruffe et al., 2002a; Wadud, 2003). La formulation théorique du modèle Tobit est représentée par l'équation suivante: (...)

La variabilité des scores d'efficacité pourrait être due à des facteurs exogènes à la mise en œuvre du processus technologique. En agriculture, les variables explicatives hypothétiques, adressées par plusieurs travaux, concernent la structure de l'exploitation (taille, localisation, morcellement, tenures foncières...), la structure des ménages (âge, expérience, niveau d'éducation, activité extra-agricole) et l'environnement économique et institutionnel (accès au crédit, disponibilité d'informations, organisation professionnelle). Wossink et Denaux (2006) trouvent que l'éducation est le seul facteur présentant un impact significatif sur l'efficacité technique des exploitations cotonnières de la région Caroline du Nord aux USA. Dans le cas du fonctionnement des exploitations grecques, Dimara et al.(2005) montrent que la localisation géographique n'as pas d'effet quand il s'agit d'un procédé biologique alors qu'elle affecte de manière significative les performances productives des procédés conventionnels. Wadud (2003) montre qu'au Bangladesh, les grandes exploitations sont techniquement plus performantes et par conséquent, il recommande d'encourager les agriculteurs à éviter

tout processus de division de la terre par héritage ou autre. En analysant l'efficacité technique des exploitations brésiliennes, Helfand (2003) signale qu'au-delà de 200 ha, l'effet de la taille est négatif alors qu'il est positif pour les exploitations de taille inférieure à 200 ha. Lachaal et al.(2002) analysent l'efficacité technique des unités de production laitière et montrent que plus l'âge des ouvriers est avancé plus l'inefficacité technique est élevée. Les auteurs expliquent ce résultat par une certaine démotivation du personnel employé lorsqu'il se trouve au plafond des échelles professionnelles et se rapproche de l'âge de la retraite (Lachaal et al., 2002). En analysant l'efficacité technique des exploitations maraîchères, Omaniennes, Zaïbet et Dharmapala (1999) montrent que l'âge et l'expérience de l'exploitant, la taille de l'exploitation et le type de sol ont un effet positif sur l'efficacité technique.

## **4. Estimation des modèles empiriques et discussion des résultats**

### **4.1. Terrain de recherche et analyse descriptive**

Située dans le Nord du pays, la région de Bizerte est l'une des principales régions productrices de pomme de terre. Elle occupe la deuxième place, après le gouvernorat de Nabeul. En 2011, la superficie cultivée et la production ont atteint, respectivement, 3010 ha et 62 000 tonnes soit 13% et 17%, respectivement, de celles à l'échelle nationale. La culture de la pomme de terre représente 30% des emblavures réservées aux cultures maraîchères dans la région. En vue de préserver une certaine homogénéité des pratiques agricoles, nous avons limité notre travail d'enquête à la délégation de Ghar el Melh qui concentre 30% des emblavures et 40% des producteurs de la région. Ainsi, nous avons sélectionné, de manière aléatoire, un échantillon de 65 agriculteurs. Les travaux d'enquête ont eu lieu en 2012 en vue de collecter les données relatives aux structures des ménages et des exploitations, aux modes de faire-valoir et aux modes d'irrigation. Nous avons focalisé notre enquête technicoéconomique sur l'activité de la pomme de terre de saison durant la campagne 2011, en recueillant les détails des opérations culturales, d'usage des intrants, de production et de commercialisation. En raison du manque de données et de certaines informations aberrantes, seulement 56 exploitations ont été retenues pour la mise en forme de notre matrice d'analyse. Le tableau 1 présente une analyse statistique des principales variables décrivant les structures des ménages et des exploitations ainsi que l'importance technicoéconomique de la culture de la pomme de terre et la gestion de la production.

#### **4.1.1. Caractérisation des ménages et structure des**

## exploitations

L'âge moyen des agriculteurs interviewés est de 49 ans avec un maximum de 78 ans et un minimum de 21 ans. Cette vieillesse relative est révélatrice d'une solide expérience dans la pratique de la culture de la pomme de terre qui atteint une moyenne de 27 ans. Concernant le niveau d'instruction, nous constatons que 37 agriculteurs (66%) sont d'un niveau primaire voire illettrés, alors que le reste des producteurs est d'un niveau secondaire et plus. Seulement 4 agriculteurs (7%) occupent en parallèle une activité non-agricole et disposent donc d'un revenu extra-agricole. 46 agriculteurs (82%) comptent sur leurs propres moyens pour financer leurs activités agricoles dont 38 agriculteurs (68%) refusent catégoriquement les crédits bancaires principalement en raison d'un taux d'intérêt élevé et de la lourdeur des procédures.

Tableau 1 -Analyse statistique des variables d'exploitation

Std.: Ecart-type; TND: Dinar Tunisien équivalent de 0,46 euros.

Concernant les structures des exploitations, les résultats montrent que les exploitations enquêtées ont une superficie agricole totale moyenne de 2,27 ha seulement. Cette exigüité du potentiel terre est plus importante chez 23 exploitations (41%) dont la taille est inférieure ou égale à 1 ha. Le nombre des parcelles atteint une moyenne de 2. Seulement 26 agriculteurs (46%) sont des propriétaires de la totalité de leur exploitation alors que 30 agriculteurs (54%) font recours à la location, notamment pour cultiver la pomme de terre. La superficie moyenne de la pomme de terre cultivée est de 1,51 ha, avec un minimum de 0,5 ha et un maximum de 6 ha. Chez 31 agriculteurs (55%), la superficie de la culture de la pomme de terre ne dépasse pas 1 ha. Par ailleurs, il faut signaler que 16 agriculteurs (29%) pratiquent la monoculture de la pomme de terre. En revanche, 40 agriculteurs (71%) pratiquent la culture de la pomme de terre dans le cadre d'un système de production intégré maraîchage, arboriculture et/ou élevage.

Concernant l'accès à l'eau d'irrigation, 41 agriculteurs (73%) utilisent leur propre source -puits de surface-. En revanche, 15 agriculteurs (27%) disposent d'une main d'eau publique. 42 agriculteurs (75%) utilisent le système d'irrigation goutte-à-goutte alors que le reste pratique le système gravitaire à la raie.

### 4.1.2. Analyse technico-économique de l'activité pomme de terre de saison

L'activité de pomme de terre de saison occupe une place importante dans le système de production des

exploitations enquêtées. Elle est cultivée en moyenne à concurrence de 76% de la superficie agricole totale. D'ailleurs, 24 agriculteurs (43%) pratiquent la culture sur la totalité de la superficie exploitée. En raison de l'exigüité des superficies, 37 agriculteurs (56%) déclarent que le précédent cultural est aussi la culture de pomme de terre. Cette pratique constitue une menace à la dégradation de la qualité du sol entraînant une baisse des rendements de la culture. Les résultats montrent que le rendement moyen est de 22,8 tonnes/ha. 35 agriculteurs (62%) réalisent des rendements en dessous de la moyenne. Les rendements réalisés restent faibles par rapport aux attentes des producteurs. En effet, 27 agriculteurs (48%) déclarent ne pas réaliser la production espérée avec un manque estimé à 21,6% en moyenne. Cette différence de production est justifiée principalement par la fatigue du sol.

Du point de vue économique, les charges variables de production concernent les semences, la mécanisation, la fertilisation, l'irrigation, le traitement et la main-d'œuvre (Tableau 1). Elles atteignent une moyenne de 7048 TND/ha. Les dépenses des semences et de fertilisation accaparent les parts les plus importants des charges variables, représentant respectivement une moyenne de 33% et de 21%. La main-d'œuvre constitue aussi une charge importante qui atteint une moyenne de 18,5%. Il faut signaler qu'outre ces charges variables, 30 agriculteurs (53%) supportent une charge locative de 1000 TND/ha en moyenne. 52 agriculteurs (93%) supportent aussi une charge supplémentaire de stockage qui atteint une moyenne de 26,28 TND/tonne. Il s'agit bien d'un stockage traditionnel qui concerne, en moyenne, 84% de la production de la pomme de terre alors que 34 agriculteurs (60,7%) procèdent au stockage de la totalité de leur production pour un écoulement ultérieur hors-saison.

La valeur de la production moyenne est évaluée à 10 643 TND/ha pour un prix de vente moyen pondéré de 493 TND/tonne. Il s'agit d'un prix résultant de deux prix de vente avant et après stockage. En effet, le prix moyen de vente de la pomme de terre avant stockage est de 451,59 TND/tonne alors qu'après stockage, il atteint un prix moyen de 503,25 TND/tonne. C'est ainsi que ce gain de prix de 51,96 TND/tonne couvre bien les dépenses de stockage susmentionnées et dégage un surplus qui justifie bien cette pratique. Mais ceci n'est pas toujours vrai, car cela dépend du taux de perte occasionné par l'opération du stockage qui atteint seulement 6,5% dans le cas de notre échantillon.

Compte tenu des charges engagées et des productions réalisées, les résultats montrent que la marge brute atteint une moyenne de 3594 TND/ha alors que la

marge nette atteint une moyenne de 2473 TND/ha. L'importance de cette marge pourrait en quelque sorte expliquer en partie l'attachement des agriculteurs de la région à la pratique de cette culture.

## 4.2. Analyse des performances productives

### 4.2.1. Mesure de l'efficacité technique

En vue d'estimer la frontière de production, nous avons retenu comme output la quantité de pomme de terre produite en tonne, représentée par la variable « Production ». En revanche, nous avons retenu comme inputs les trois facteurs de production, à savoir terre, capital et travail. La première variable « Terre » représente la superficie cultivée de pomme terre en hectares. La deuxième variable « Capital » représente la somme des dépenses en TND de semences, de mécanisation, de fertilisation, d'irrigation et de traitement.

La troisième variable « Travail » représente le nombre de jours de travail engagé aussi bien familial qu'occasionnel.

Le tableau 2 présente l'analyse statistique de ces variables. Ainsi, la technologie de production est représentée par la fonction suivante:  $Production = f(Terre, Capital, Travail)$

Nous avons estimé la frontière de production sous les deux hypothèses CRS et VRS grâce à la résolution, respectivement, des programmes linéaires (1) et (2), ce qui nous a permis d'analyser aussi l'efficacité d'échelle (EE).

Tableau 2- Analyse statistique des variables de la frontière de production.

Le tableau 3 présente une analyse statistique des scores d'efficacité technique et d'échelle. Les résultats montrent que l'efficacité moyenne de l'échantillon en rendements d'échelle constants est de 69% alors qu'elle atteint 81% en rendements d'échelle variables. Ceci se traduit par une inefficacité d'échelle estimée à 14%.

Cinq exploitations fonctionnent déjà à leur taille optimale alors que 40 exploitations (71%) dépassent une efficacité d'échelle de 75%, avec une moyenne de 91%. En analysant l'efficacité technique pure, les résultats montrent donc une inefficacité d'usage des intrants de 19%. 16 exploitations (29%) déterminent la frontière de production et par conséquent, elles révèlent une efficacité technique de 100%. 17 exploitations (30%) se trouvent proches de la frontière avec une efficacité moyenne de 85%. L'efficacité technique minimale est de 50%. Ces résultats témoignent des performances remarquables qui caractérisent une majorité des exploitations de l'échantillon (59%) et qui pourraient traduire la solide

expérience des producteurs de la région de Bizerte. En revanche, 23 exploitations (41%) présentent des scores d'efficacité technique inférieurs à 75% avec une moyenne de 64% ce qui prouve la nécessité d'améliorer l'habileté des chefs exploitants à maîtriser davantage le processus technologique.

### 4.2.2. Analyse des déterminants de l'efficacité technique

En vue d'expliquer la variabilité des scores d'efficacité technique pure et d'identifier les principaux déterminants à l'origine, six variables exogènes à la fonction de production ont été retenues pour estimer le modèle Tobit. La variable (Age) a été retenue avec une hypothèse double. En effet, l'âge pourrait avoir un impact négatif qui indique que plus l'âge de l'exploitant est avancé, plus la maîtrise du processus technologique diminue. En revanche, l'âge avancé pourrait aussi signifier une solide expérience qui se traduit par un impact positif sur l'efficacité technique. La variable (Inst) représente le niveau d'instruction des producteurs.

Elle est égale à 0 lorsque l'exploitant est d'un niveau d'éducation primaire voire illettré et égale à 1 lorsqu'il s'agit d'un niveau d'éducation secondaire voire plus. Nous estimons que cette variable devrait avoir un effet positif. En effet, l'éducatif se traduit généralement par une plus grande réceptivité en matière d'accumulation des connaissances et de prise en main des technologies de production. La variable (Mfvd) représente le mode de faire-valoir. Elle est égale à 1 quand la terre cultivée est en propriété et égale à 0 lorsqu'il s'agit d'une terre en location. Nous estimons que cette variable pourrait avoir un effet positif comme négatif sur l'efficacité technique. La variable (Spdt) représente l'étendue en pourcentage de la superficie de la culture de la pomme de terre par rapport à la superficie totale de l'exploitation. Le choix de cette variable est dicté par l'importance de l'attachement des agriculteurs à la culture de la pomme de terre qui se manifeste par l'exercice de la monoculture, le recours à la location et/ou par l'exploitation de la totalité du potentiel terre. Cependant, étant donné l'exiguïté du potentiel terre, certains agriculteurs se trouvent dans l'obligation de cultiver pomme de terre sur pomme de terre et par conséquent, nous estimons que cette variable aurait un effet négatif sur l'efficacité technique. La nature de la source d'eau d'irrigation, représentée par la variable (Esrce), a été retenue étant donné qu'elle distingue entre les producteurs des périmètres privés, disposant de puits de surface avec un libre accès en temps et en quantité, et ceux des périmètres publics, disposant d'une main d'eau publique gérée d'une manière collective, avec une certaine limitation d'accès. Cette



variable est égale à 1 lorsqu'il s'agit d'une source privée et elle est égale à 0 dans le cas d'une main d'eau publique et nous estimons qu'elle aura un effet négatif. Enfin, la variable (Irgsyst) représente la nature du système d'irrigation adopté. Elle est égale à 1 lorsqu'il s'agit d'un système d'irrigation localisé et à 0 dans le cas de l'irrigation gravitaire à la raie. Nous estimons que cette variable aura un effet positif sur l'efficacité technique. Le tableau 4 présente une analyse statistique de ces six variables.

Les résultats de l'estimation du modèle Tobit (3) révèlent que cinq variables présentent déjà un effet explicatif significatif de la variabilité des mesures de l'efficacité technique pure (Tableau 5). L'âge présente un effet positif, significatif à 5%, indiquant que les exploitants les plus âgés sont plus habiles à maîtriser le processus technologique. Le niveau d'instruction a aussi un effet positif, mais non significatif, qui montre qu'un niveau d'éducation plus élevé se traduit par une plus grande maîtrise du processus technologique. Le mode de faire-valoir direct présente un effet positif et significatif. Ce résultat signifie que les exploitants propriétaires révèlent une efficacité technique supérieure à celle des exploitants opérant sur des terres louées. Ceci pourrait traduire un comportement irrationnel des agriculteurs locataires qui ont tendance à utiliser les facteurs de production de manière non raisonnée, avec l'espoir de tirer un maximum de profit leur permettant de couvrir la charge locative non supportée par les propriétaires.

La variable (Spdt) présente un impact négatif significatif à 10%, montrant que plus la superficie réservée à la culture de la pomme de terre augmente par rapport à la totalité de

Tableau 3-Analyse statistique des scores d'efficacité.

Tableau 4-Analyse statistique des variables explicatives.

la terre exploitée, plus l'efficacité technique se réduit. Ce résultat implique bien que l'attachement des agriculteurs à la culture de la pomme de terre, à travers l'extension de sa superficie au détriment des autres cultures ou l'exercice de la monoculture sur la totalité de la superficie exploitée, se traduit par un délabrement des performances techniques. La nature de la source d'irrigation est aussi une source de la variabilité de l'efficacité technique révélant un impact négatif et significatif à 10%. Ainsi, les producteurs des périmètres publics montrent des performances techniques meilleures que celles des producteurs des périmètres privés.

Ce résultat est cohérent avec celui de Chemak et al. (2010) qui montre que les exploitations des périmètres publics sont techniquement plus efficaces que les exploitations des périmètres privés. Ainsi, la nature de

la ressource en eau constitue bien un déterminant de l'efficacité technique.

L'analyse de l'impact de la nature du système d'irrigation révèle un paradoxe important. Alors qu'on s'attendait à ce que l'usage d'un système irrigué localisé favorise des économies d'eau et par conséquent, une meilleure efficacité technique, les résultats montrent, au contraire, un impact négatif significatif à 10%. Cette donnée pourrait traduire une faible maîtrise de ces techniques d'irrigation.

## 5. Conclusion

Le secteur de la pomme terre revêt une importance stratégique indéniable. Le produit constitue aujourd'hui une composante principale de la ration alimentaire et continue à occuper une place de plus en plus importante dans le système alimentaire tunisien, avec la promotion des nouvelles formes de consommation (chips et purée). Cependant, le secteur souffre de difficultés structurelles de production et de commercialisation menaçant la volonté des producteurs. L'amélioration des performances techniques permettra aux producteurs de surmonter plus facilement ces difficultés.

C'est ainsi que les résultats de l'analyse de l'efficacité technique pure de l'échantillon de producteurs enquêtés révèle une marge de progrès à conquérir en matière d'usage des ressources. En moyenne, 19% des facteurs de production utilisés sont susceptible d'être économisés. Les résultats montrent aussi une inefficacité d'échelle qui frappe 91% des exploitations donnant lieu à un gaspillage plus important des ressources estimé à 31% en moyenne.

L'analyse des déterminants de l'inefficacité technique pure montre que l'âge, le mode de faire-valoir, l'importance de la superficie de la culture, la nature de la source d'eau et le système d'irrigation constituent des pistes à creuser par les décideurs dans une perspective d'amélioration des performances productives. En effet, les politiques devraient cibler les mesures incitatives en faveur du développement de la culture pomme de terre chez les propriétaires. La promotion de la culture au niveau des périmètres publics pourrait faire émerger des producteurs plus performants. En matière d'irrigation, l'introduction d'un système d'irrigation localisée semble insuffisante pour réaliser l'optimal des économies d'eau. Ainsi, la mise en place de programmes de formation et d'accompagnement pour une meilleure maîtrise des techniques d'irrigation permettra d'améliorer les performances techniques.

## Références

Abd Aziz N.A., Janor R.M., Mahadi R., 2013. Comparative department efficiency analysis within a university: A

- DEA approach. *Procedia-Social and Behavioural Sciences*, 90: 540-548.
- Aristovnik A., Seljak J., Mencinger J., 2014. Performance measurement of police forces at the local level: A non-parametric mathematical programming approach. *Expert Systems with Applications*, 41: 1647-1653.
- Banker R. D., Charnes A., Cooper W.W., 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30 (9) :1078-1092.
- Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E., 1978. Measuring the efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2: 429-444.
- Chemak F., Boussemart J.P., Jacquet F., 2010. Farming system performance and water use efficiency in the Tunisian semi-arid region: Data Envelopment Analysis Approach. *Journal of International Transactions in Operational Research (ITOR)*, 17: 381-396.
- Colbert A., Levary R.R., Shaner M.C., 2000. Determining the relative efficiency of MBA programs using DEA. *European Journal of Operational Research*, 125: 656-669.
- Cromme N., Prakash A.B., Lutaladio N., Ezeta F., 2010. Strengthening potato value chains, technical and policy options for developing countries. Rome: FAO & CFC.
- Dimara E., Pantzios C.J., Skuras D., Tsekouras K., 2005. The impacts of regulated notions of quality on farm efficiency: A DEA application. *European Journal of Operational Research*, 161: 416-431.
- FAO, 2009. Année internationale de la pomme de terre, éclairage sur un trésor enfoui. Compte rendu de fin d'année. Rome: FAO.
- FAOSTAT, 2014. <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/F>
- Farrell M.J., 1957. The measurement of technical efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, General*, 120(3): 253-281.
- Gattoufi S., Oral M., Kumar A., Reisman A., 2004. Content analysis of data envelopment analysis literature and its comparison with that of other OR/MS fields. *Journal of the Operational Research Society*, 55(9), 911-935.
- Tableau 5-Résultats de l'estimation du modèle Tobit.  
 Nombre d'observations=56 Pseudo R<sup>2</sup>= 80%  
 \* significatif à 10%, \*\*significatif à 5%, \*\*\*significatif à 1%  
 GIL, 2012.
- Rapport d'activité de la campagne 2010-2011. Rapport en arabe, mars 2012.
- Helfand S.M., 2003. Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian Centre-West. 25th International Conference of the IAAE, Durban, South Africa, August 16-22, 2003.
- INS, 2013. Enquête de consommation 2013. Institut National de statistique, Septembre 2013.
- Karagiannis G., Tzouvelekas V., Xepapadeas A., 2003. Measuring irrigation water efficiency with a stochastic production frontier: An application to Greek out-of-season vegetable cultivation. *Environmental and Resource Economics*, 26: 57-72.
- Lachaal L., Chahtour N., Thabet B., 2002. Technical efficiency of dairy production in Tunisia: a data envelopment analysis. *New Medit*, 1(3): 22-26.
- Latruffe L., Balcombe K., Davidova S., Zawalinska K., 2002a. Determinants of technical efficiency of crop and livestock farms in Poland. INRA, Unité d'Economie et sociologie rurales de Rennes. Working paper, 02-05.
- Latruffe L., Balcombe K., Davidova S., Zawalinska K., 2002b. Technical and scale efficiency of crop and livestock farms in Poland: Does specialisation matter? INRA, Unité d'Economie et sociologie rurales de Rennes. Working paper, 02-06.
- Li J., Chen X., Li X., Guo X., 2013. Evaluation of public transportation operation based on Data Envelopment Analysis. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 96:148-155.
- Liu J.S., Lu L.Y.Y., Lu W.M., Lin B. J.Y., 2013. A survey of DEA applications. *Omega*, 41: 893-902.
- Ministère de l'agriculture, 2012. Annuaire des statistiques agricoles 2011. Direction générale des études et de développement agricole.
- Mitropoulos P., Mitropoulos I., Giannikos I., 2013. Combining DEA with location analysis for the effective consolidation of services in the health sector. *Computers & Operations Research*, 40: 2241-2250.
- Sueyoshi T., Goto M., 2012. Efficiency-based assessment for electric power industry: A combined use of Data Envelopment Analysis (DEA) and DEA-Discriminant Analysis (DA). *Energy Economics*, 34: 634-644.
- Thanassoulis E., 2001. Introduction to the theory and application of Data Envelopment Analysis: A foundation text with integrated software. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Wadud M. A., 2003. Technical, allocative, and economic efficiency of farms in Bangladesh: A stochastic frontier and DEA approach. *The journal of developing areas*, 37(1): 109-126.
- Wang K., Huang W., Wu J., Liu Y.N., 2014. Efficiency measures of the Chinese commercial banking system using two-stage DEA. *Omega*, 44: 5-20.
- Wanke P., Barros C., 2014. Two-stage DEA: An application to major Brazilian banks. *Expert Systems with Applications*, 41: 2337-2344.
- Wilson P., Hadley D., Asby C., 2001. The influence of management characteristics on the technical efficiency of wheat farmers in eastern England. *Agricultural Economics*, 21: 329-338.
- Wossink A., Denaux Z. S., 2006. Environmental and cost efficiency of pesticide use in transgenic and conventional cotton production. *Agricultural Systems*, 90: 312-328.
- Zaibet L., Dharmapala P.S., 1999. Efficiency of Government-supported horticulture: the case of Oman. *Agricultural Systems*, 62: 159-168.
- Zhao Y., Triantis K., Murray-Tuite P., Edara P., 2011. Performance measurement of transportation network with a downtown space reservation system: A network-DEA approach. *Transportation Research Part E*, 47: 1140-1159.

## TECHNIQUES DE PRODUCTION DE LA POMME DE TERRE AU MAROC

Par Allal CHIBANE, Ingénieur Agronome, MADRPM/DPVBull. Transfert de Technologie  
 N°52 /Janvier 1999

La pomme de terre, *Solanum tuberosum*, appartient à la famille des solanacées. Elle est originaire de l'Amérique Latine (Andes: Bolivie et Pérou). Elle a été introduite au Maroc au XIX<sup>ème</sup> siècle. Depuis lors, la pomme de terre est devenue de plus en plus importante dans le régime alimentaire. La demande en cette culture s'est alors accrue; elle est devenue cultivable pratiquement dans toutes les régions du Maroc.

La superficie occupée par les cultures maraîchères varie chaque année entre 180 et 200.000 ha, dont 50 à 60.000 ha emblavés en pomme de terre, soit 25% de la superficie maraîchère totale.

Trois principaux types de culture de pomme de terre sont pratiqués dans l'année:

- Primeurs: La plantation se fait en Sept-Octobre pour les semences locales dites encore grenadines; et en Décembre pour les semences d'importation. La production est généralement destinée à l'exportation.

- Saison: La plantation a lieu en Janvier-Février. Les semences sont soit d'origine étrangère ou locale.

- Arrière saison: Plantation en Août. Les semences sont prélevées de la production de saison.

Pour les deux derniers types de culture, la production est écoulée sur le marché intérieur.

Montagne: Plantation de Mai. Elle est pratiquée essentiellement dans les vallées du Moyen et du Haut Atlas.

#### Principales régions productrices

Les zones les plus propices pour la production de la pomme de terre sont comme suit:

Primeurs: Le littoral Atlantique allant de Kénitra à El Jadida et Agadir-Taroudant.

Saison et arrière saison:

Région côtières: Loukkos-Doukkala-Moulouya.

Régions intérieures: Tadla-Haouz-Chaouia-Saïs.

Montagne: Régions montagneuses: Moyen At-las et la Haute Moulouya.

#### Description botanique

Les différentes espèces et variétés de pomme de terre ont des caractéristiques botaniques différentes. C'est pour cela qu'il est nécessaire de connaître les différentes parties de la plante.

Les tiges aériennes de la pomme de terre dont le nombre peut varier de 1 à 10 ont un port érigé au début, puis devient étalé par la suite. Les feuilles sont composées (6 à 10 folioles/feuille). Elles permettent par leur différence d'aspect et de coloration de caractériser les variétés.

La floraison de la pomme de terre est terminale et en forme de cyme. La fleur peut-être de couleur blanche,

bleue ou violette. Ces fleurs donnent des fruits en forme de baie contenant des graines plates et blanchâtre. Les graines de la pomme de terre ne sont utilisées qu'en amélioration génétique afin d'obtenir de nouvelles variétés.

Actuellement le Centre International de Pomme de terre (CIP) cherche à produire de la pomme de terre de consommation à partir de semences botaniques (True Potato Seeds: TPS).

Le tubercule est une tige souterraine où se sont accumulées les réserves. Il peut être de grosseur et de forme variables, allant de rond oblong à long et plus ou moins aplati selon les variétés. Il se développe à partir des bourgeons situés au niveau des yeux du tubercule. Les germes peuvent être blancs ou colorés partiellement à la base ou à l'extrémité. Puis ils prennent une couleur caractéristique de la variété (vert-rouge-violet, etc), s'ils sont exposés à la lumière diffuse.

#### Exigences écologiques de la pomme de terre

##### Exigences climatiques

Température: Elle influence beaucoup le type de croissance. Les hautes températures stimulent la croissance des tiges; par contre les basses températures favorisent davantage la croissance du tubercule. La pomme de terre est très sensible au gel.

Le zéro de végétation est compris entre 6 et 8°C. Les températures optimales de croissance des tubercules se situent aux alentours de 18°C le jour et 12°C la nuit. Une température du sol supérieure à 25°C est défavorable à la tubérisation.

Lumière: La croissance végétative de la pomme de terre est favorisée par la longueur du jour élevée (14 à 18h). Une photopériode inférieure à 12 h favorise la tubérisation. L'effet du jour long peut être atténué par les basses températures.

##### Exigences édaphiques

Structure et texture du sol: La plupart des sols conviennent à la culture de la pomme de terre à condition qu'ils soient bien drainés et pas trop pierreux. Les sols préférés sont ceux qui sont profonds, fertiles et meubles. En général, la pomme de terre se développe mieux dans des sols à texture plus

ou moins grossières (texture sablonneuse ou sablo-limoneuse) que dans des sols à texture fine et battante (texture argileuse ou argilo-limoneuse) qui empêchent tout grossissement de tubercule.

PH : Dans les sols légèrement acides (pH = 5,5 à 6), la pomme de terre peut donner de bons rendements. Une alcalinité excessive du sol peut causer le développement de la galle commune sur tubercule.

#### Salinité

La pomme de terre est relativement tolérante à la salinité par rapport aux autres cultures maraîchères. Cependant, un taux de salinité élevé peut bloquer l'absorption de l'eau par le système racinaire. Lorsque la teneur en sel est élevée, le point de flétrissement est atteint rapidement. On peut réduire la salinité d'un sol en le lessivant avec une eau d'irrigation douce.

#### Techniques culturales de la pomme de terre Préparation du sol

La préparation du sol consiste à assurer un bon contact entre le plant (ou tubercule) et le sol. La levée ainsi que le développement du système racinaire vont généralement tarder si le sol est mal préparé. Le sol doit être préparé sur une profondeur d'au moins 25-30 cm. Une telle couche meuble favorise l'aération du sol, assure un bon développement racinaire et facilite le buttage.

La réalisation d'un bon lit de semis peut se faire de la façon suivante:

Labour moyen: 25 à 30 cm avec charrue. Epannage de la fumure organique et des engrais phospho-potassiques que l'on enfouie à l'aide d'un cover-crop croisé.

#### Confection des lignes ou billonnage:

Ces travaux sont beaucoup plus faciles à réaliser dans un sol léger que dans un sol lourd. Dans un sol lourd les travaux du sol doivent se limiter à la couche supérieure suffisamment ressuyée. Une bonne préparation des dix premiers cm permettent une bonne couverture du plant.

#### Fertilisation

Vu la durée du cycle végétatif très court (3 à 4 mois), la rapidité de croissance et le système racinaire qui n'est pas assez profond; la fertilisation demeure l'un des facteurs les plus importants pour une bonne production de pomme de terre.

Les éléments les plus importants pour la plante sont:

N-P-K-Mg et Ca. Pour une production de 25 tonnes de pomme de terre (tubercules + fanes), on exporte la quantité d'éléments suivante: N (160 kg/ha), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (45 kg/ha), K<sub>2</sub>O (275 kg/ha), MgO (50 kg/ha), CaO (70 kg/ha).

La pomme de terre est très exigeante en fumure organique, les besoins sont de l'ordre de 30 T/ha. Cependant, dans un sol pauvre en matière organique, cette dose peut être doublée. En effet, pour éviter les risques de carence, la fumure organique doit être complétée par la fumure minérale. L'azote est un élément fondamental pour la croissance de la plante. Le maximum d'absorption a lieu au moment de développement maximum de feuilles (50 à 80 jours après plantation). Lors de la plantation, l'azote peut être appliqué sous forme de sulfate d'ammoniaque, vu son assimilation progressive.

Les formes nitrates, sont toujours fractionnées au cours de la culture vu leur solubilité rapide. Le phosphore intervient dans les phénomènes de floraison, fructification et maturation d'où son action comme facteur de précocité et de rendement. Le phosphore est difficilement absorbé par la plante. Pour cela il doit être appliqué avant plantation et sous la forme la plus assimilable.

Le potassium est l'élément majeur pour la tubérisation. Il favorise le développement de la plante et augmente légèrement la résistance au froid. La carence en K cause des nécroses. La forme sulfate est plus préférable que la forme chlorure.

#### Dose et période d'application

##### Fumure de fond

Azote: 20 à 30 unités/ha soit 100 à 150 kg de sulfate d'ammoniaque à 21%.

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 150 unités/ha soit 850 kg de super-phosphate à 18%

K<sub>2</sub>O: 180 à 200 unités/ha soit 375 à 400 kg de sulfate de potasse à 48%.

##### Fumure de couverture

Azote: 100 unités/ha soit 300 kg d'ammonitrate à 33.5% fractionnés en trois périodes: Levée, 1er buttage et 2ème buttage.

Les doses préconisées ne sont que des moyennes et doivent être adaptées en fonction de la richesse du sol. Une analyse préalable du sol s'avère nécessaire afin d'évaluer le niveau de fertilité du sol. L'application d'une fertilisation foliaire peut être utile en cas d'une attaque de gel afin de favoriser la plante à reconstituer

son feuillage.

### Mode d'application

Les éléments P et K sont généralement appliqués lors de la préparation du lit de semences, vu leur migration très lente. Cet apport peut être réalisé par épandage mécanique ou manuel. L'azote doit être localisé au niveau des billons, tout en évitant le contact direct entre les plants et l'engrais.

### Matériel végétal

#### Variétés :

On classe les variétés selon leur type de culture: culture de primeurs ou culture de saison et arrière saison. Pour les primeurs, les principales variétés utilisées au Maroc sont: Nicola, Diamant, Roseval, Yesmina, Timate et Charlotte. Les variétés les plus utilisées en saison et en arrière saison sont: Desirée, Spunta, Diamant, Lisetta et Kondor.

#### Classes

Pour chaque variété, le matériel végétal de multiplication est classé selon sa pureté variétale et son état sanitaire. On distingue:

Plants de pré-base: Il constitue les plants de famille de départ.

Plants de base: Classes super-élites et élites (SE, E) issues de plants de pré-base.

Plants certifiés: classes A et parfois B issues de plants de base (E).

La production de pomme de terre de consommation provient principalement du matériel variétal de classe A et/ou B. Le Maroc importe annuellement 35.000 T en moyenne de semences certifiées (classe A et B) et d'une petite quantité d'environ 1000 T de classe E destinée principalement à la production de semences certifiées nationales.

#### Calibres

Les tubercules sont classés selon les calibres suivants:

28 à 35 mm, 35 à 45 mm,

45

à 55 mm et

>55 mm.

### Plantation

#### Préparation des plants

La plantation de la pomme de terre ne peut avoir

lieu qu'après la levée totale de la dormance. L'utilisation des plants non germés est suivie par un retard de l'émergence, donne des plants monotiges et par la suite un rendement faible.

La préparation des plants doit conduire à:

- une émergence uniforme et rapide des plants polytiges
- un rendement élevé

Pour assurer une bonne préparation des plants, il est nécessaire de procéder au retrait du frigo 2 à 3 semaines avant la plantation. En cas où la germination a déjà démarrée, il faut éliminer le germe apical afin d'accélérer les germes latéraux. Après la sortie du frigo les plants doivent être déposés dans un local bien aéré et éclairé; ce a pour avantage d'obtenir des germes trapus, lignifiés, facile à manipuler au cours de la plantation.

#### Densité de plantation

La densité d'une culture de pomme de terre n'est autre que le nombre de tiges/m<sup>2</sup>. Pour une bonne occupation du sol, 15-20 tiges/m<sup>2</sup> paraît optimal. Un plant de calibre 35-55 mm pré-germé produit approximativement 5 à 6 tiges principales. Généralement, on place 4 plants/m<sup>2</sup>. Avec une distance de 70 cm entre lignes et 30 cm entre plants, on a besoin de 2000 à 2500 kg de semences par hectare.

#### Profondeur de la plantation

Pour obtenir une culture homogène, les tubercules doivent être plantés à une profondeur uniforme. La profondeur de plantation dépend du type de sol, des conditions climatiques et de l'âge physiologique des plants.

La plantation superficielle (5 à 6 cm) est préférée dans un sol lourd et humide, où les tubercules mères risquent de s'épuiser avant que les germes puissent atteindre la surface du sol. Inversement, pour les sols à texture légère où les risques de dessèchement sont à craindre, une plantation profonde est conseillée (10 cm environ).

Les plants physiologiquement vieux sont relativement faible et s'épuisent rapidement. Il est préférable de les planter superficiellement dans un sol humide.

## **Irrigation**

L'eau joue un rôle important dans la croissance de la plante en assurant les mécanismes suivants:

- Transport des éléments minéraux
- Transport des produits photosynthétiques
- Transpiration et régulation thermique au niveau des feuilles.

En comparaison avec les autres cultures maraîchères, la pomme de terre est très sensible à la fois au déficit hydrique et à l'excès d'eau. Une courte durée de sécheresse peut affecter sérieusement la production.

De même un excédant d'eau entraîne l'asphyxie des racines et la pourriture des tubercules. Une forte humidité favorise aussi le développement de mildiou. Des variations excessives de l'humidité du sol influence la qualité en provoquant la croissance secondaire des tubercules.

Dose d'irrigation s'évaluent entre 400 et 600 mm selon les conditions climatiques, le type de sol et la longueur du cycle.

## **Les besoins hydriques de la pomme de terre**

### Fréquence d'irrigation

Au cours de la germination, la quantité d'eau nécessaire est faible. Le tubercule mère doit être entouré du sol humide, mais pas mouillé. De ce stade jusqu'à la formation des tubercules (60 à 90 jours) après plantation, l'irrigation doit être faite à un intervalle très court, 6 à 7 jours en sol léger et 12 à 15 jours en sol lourd. Pour tous les types de culture (primeurs ou saison ) on arrête l'irrigation 10 à 20 jours avant la récolte.

### Qualité de l'eau d'irrigation

La pomme de terre est relativement sensible à la présence des sels. L'irrigation par aspersion avec de l'eau contenant du sel peut brûler les feuilles. La présence de 4 g/l de sels totaux dans l'eau peut engendrer une réduction du rendement allant jusqu'à 50%.

## **Opération d'entretien**

### Buttage

Le buttage est défini comme étant l'opération qui consiste à ramener la terre, préalablement ameublie vers le billon pour former la butte. Cette opération consiste à:

- Couvrir les racines superficielles de la plante

- Couvrir les tubercules nouvellement formés qui verdissent en contact de la lumière
- Couvrir les engrais azotés et potassiques appliqués au cours de la culture.
- Prévenir la culture de la teigne.

Le 1er buttage se fait 2 à 3 semaines après levée. Les plants doivent être buttés de façon à être couverts au moins 10 cm de terre. Puis l'opération se répète chaque 2 à 3 semaines.

## **Binage**

Pour une bonne production, la culture de pomme de terre demande une terre propre. L'opération consiste à prélever toutes les mauvaises herbes poussant entre les lignes avec la charrue et la sape entre les plants.

Le 1er binage se fait 2 à 3 semaines après la levée, puis il est répété chaque fois qu'on irrigue. Il faut veiller à ne pas toucher le système racinaire et les tubercules nouvellement formés.

## **Maladies et parasites de la pomme de terre**

Comme toutes les cultures, la pomme de terre est soumise à l'attaque de plusieurs maladies et ravageurs occasionnant parfois des dégâts importants.

Les principales maladies et ravageurs de la pomme de terre rencontrés au Maroc sont récapitulés comme suit:

Maladies cryptogamiques

Mildiou (*Phytophthora infestans*)

Alternariose (*Alternaria solani*)

Rhizoctone noire (*Rhizoctonia solani*)

Fusariose (*Fusarium caeruleum*)

Verticilliose (*Verticillium albo-atrum* et *Verticillium dahlia*)

Maladies bactériennes Galle commune (*Streptomyces scabies*)

Jambe noire (*Erwnia carotovora*)

Maladies virales

Au Maroc, les virus suivants ont été rapportés sur la pomme de terre.

Virus Y (polyvirus) ou PVY

Virus X (potexvirus) ou PVX

Virus de l'enroulement ou PLRV

Virus de la mosaïque de la luzerne AMV

Insectes et ravageurs

Pucerons

(*Mysus persicae*, *Aulacortum solani*, *Macrosiphum euphorbiae*)

Teigne (*Photmea operculilla*)

Noctuelles (*Spodoptera littoralis*, *Spodoptera exigna*)

Nématodes

Nématodes Gallicoles: (Meloidoyne spp.)  
Désordres physiologiques  
Verdissement des tubercules  
Croissance secondaire  
Tubercules creux  
Craquelures  
Boulage

Les principaux symptômes et dégâts des maladies et ravageurs cités ci-dessus, ainsi que leurs moyens de lutte sont décrits dans le tableau ci-dessous.

### Récolte et conservation

#### Récolte

Le cycle des variétés les plus cultivées au Maroc est de 3 à 4,5 mois environ. La maturité est indiquée par le jaunissement des feuilles inférieures, dessèchement des tiges et la fermeté de la peau de tubercule.

L'arrachage peut être précoce pour un but commercial ou pour la pomme de terre de semences avant que les maladies virales envahissent la culture. En culture moderne on pratique le défanage (dessèchement de la végétation). Cette opération peut être faite soit chimiquement, soit mécaniquement. Elle permet de limiter l'extension des maladies et facilite la récolte.

L'arrachage doit être fait par un temps sec et ne pas laisser les tubercules trop exposés au soleil afin d'éviter le développement des tâches noires et l'attaque par la teigne.

#### Conservation

Pour assurer une bonne conservation, seuls les tubercules non blessés sont à conserver. Puisque le tubercule est un fragment de tige vivante, il continue à vivre pendant la période de conservation. Afin de maintenir son processus de vie, il faut un bon contrôle de l'environnement; température et humidité relative. Ces facteurs varient selon la destination du produit.

Les conditions idéales de conservation sont les suivantes:

Température: 2 à 4°C pour la pomme de terre de semences, 4 à 8°C pour la pomme de terre de consommation. Une température supérieure à 8°C pour favoriser l'accumulation des sucres réducteurs, facteur responsable de la coloration brune de pommes frites. Humidité relative: 90 à 95% tout en évitant l'accumulation de CO<sub>2</sub> par ventilation .

### MALADIES CRYPTOGAMIQUES

#### Mildiou

Feuillage: Apparition de tâches jaunâtres qui

brunissent rapidement. Sur la face inférieure des feuilles apparaît un duvet fin, blanc, grisâtre qui dissémine les spores. Les tiges attaquées noircissent. La plante peut être détruite en quelques jours.

Tubercule: Tâches diffuses brunâtres sur l'épiderme. La chair présente des zones à texture granuleuse de couleur brun-rouille. Des pourritures secondaires s'installent par la suite.

Méthodes culturales: Eviter les excès d'azote, éliminer les plants malades, éliminer les adventices qui constituent un foyer de contamination, détruire les fanes afin d'éliminer le foyer d'infection primaire, utiliser des semences saines et effectuer un bon buttage.

Méthodes chimiques: Lutte préventive avec des produits organo-cupriques et les produits organiques de synthèse: mancozèbe, carbatène-propinèbe etc.

#### Alternariose

Feuillage: Tâches arrondies, brunes à noires, montrant des cercles concentriques. Des tâches chancreuses peuvent se manifester sur tige.

Tubercule: La maladie se manifeste à la surface sous forme de plages brunes légèrement déprimées.

Méthode culturale: Brûler toutes les fanes des cultures de la famille des solanacées afin de diminuer l'inoculum primaire, pratiquer une rotation culturale.

Méthode chimique: Traitement préventif avec fongicides immédiatement après une pluie.

#### Rhizoctone noire

Tige: Apparition de plusieurs petits tubercules aériens de couleur violacées. Nécrose des racines et pourriture du collet.

Tubercule: Formation de sclérotés noirs, de forme irrégulière. Le péricarpe se trouvant en dessous des sclérotés n'est pas affecté.

Méthodes culturales: Utiliser des semences saines, rotation culturale, apport de matière organique.

Traitement chimique: Traiter les semences avec des fongicides systémiques tels que thiabendazol, carboxine...etc.

ravageurs et maladies de la pomme de terre au Maroc

Par Allal CHIBANE, Ingénieur Agronome, MADRPM/DPVBull. Transfert de Technologie.

N°52 /Janvier 1999. exte intégral du bulletin accessible par internet: <http://www.multimania.com/bamouh/> ou <http://altern.org/cntta/>