



## Foire aux questions (FAQ)

### Microorganismes pour le traitement des racines:

#### Champignons mycorhiziens, *Trichoderma* et bactéries bénéfiques (PGPR)

Cette section répond aux questions fréquemment posées concernant l'application, l'efficacité; la compatibilité, la durabilité et la sécurité de nos microorganismes pour le traitement des racines.

#### Application

##### Dans quelle fréquence et quelle quantité de microorganismes doit-on appliquer?

En règle générale il est préférable d'appliquer régulièrement de petites quantités de produit plutôt qu'une grande quantité d'un coup. L'objectif est de pérenniser les populations dans le sol afin de protéger les racines sur de plus longues périodes.

Les microorganismes qui vivent sur et non pas au sein de la racine telles que les rhizobactéries et *Trichoderma*, forment d'abord de grandes populations qui peuvent s'effondrer au cours du cycle cultural. Dans ce cas, l'inoculum doit être injecté plusieurs fois.

L'application répétée de petites quantités de produit sur des périodes prolongées permet de protéger un large spectre d'espèces utiles. Lorsque plusieurs espèces de microorganismes colonisent la surface d'une racine, certaines d'entre elles parviennent à inverser le rapport de domination. On observera par exemple qu'une espèce qui aura initialement recouvert la plus grande partie de la racine, finira par ne plus être décelable après un certain temps. Or, ce sera peut-être justement cette espèce qui jouera un rôle déterminant à une étape ultérieure, par exemple en rendant possible l'absorption d'une quantité plus importante de nutriments au moment de la mise à fruit et de leur croissance.

La situation est sensiblement différente pour les microorganismes présents dans le tissu racinaire comme par exemple les champignons micorhiziens ou les bactéries du genre *Rhizobium* des Fabacés. Une seule inoculation complète de la plante après la germination permet à celle-ci de conserver définitivement son partenaire symbiotique, de sorte qu'un traitement complémentaire postérieur n'a que peu de sens.

## Traitements complémentaires avec Endospor®

Dans la pratique, il n'est pas rare qu'un traitement complémentaire avec des champignons endomycorhiziens ait aussi des effets positifs inespérés. Ainsi des arbres fruitiers et des pieds de vigne de plusieurs années profitent-ils souvent de manière inattendue d'une nouvelle mycorhization provoquée par **Endospor®**. Les raisons de cette revitalisation tiennent probablement à une concurrence entre différentes espèces de mycorhizes déclenchée par une nouvelle application au cours de laquelle les souches les plus performantes repoussent des espèces moins efficaces dans certaines parties du système racinaire.

La réapplication devrait être effectuée au moment de la repousse des racines. Dans les régions tempérées la repousse se produit au printemps. Dans les régions tropicales et subtropicales, la période la plus propice au renforcement est la saison des pluies ou si un système d'irrigation existe, à la fin de l'hiver.

### Doit-on d'abord reproduire les microorganismes avant de les appliquer?

Certains utilisateurs reproduisent des préparations de spores disponibles dans le commerce avant leur application dans un processus de croissance de plusieurs jours dans des conditions non stériles. Le but de cette "enrichissement" est d'obtenir davantage de matériel d'inoculation. Ainsi, une fois que la germination s'est produite, les microorganismes peuvent sous forme de colonie ou de mycélium coloniser plus rapidement la surface de la racine.

Nous estimons que cette propagation peut être avantageuse dans certains cas. Néanmoins, nous pensons qu'en général, étant donnés les coûts réduits des inoculants performants disponibles sur le marché, ce procédé ne s'impose pas. En règle générale, nous déconseillons ce procédé en raison des nombreux inconvénients qu'il peut entraîner.

La reproduction nécessite une source d'énergie (mélasse, dextrose ...), des éléments nutritifs (N, P, ...) ainsi que d'autres sources de matière organique (compost, fibres ...). Si la décomposition des microorganismes est incomplète, par exemple en raison d'une interruption prématurée du processus de **fermentation**, ces matériaux peuvent avoir des conséquences imprévisibles sur les cultures.

Seule une augmentation de l'efficacité des microorganismes peut justifier des coûts d'investissement et une charge de travail supplémentaires liée à la **reproduction**. C'est rarement le cas chez les entreprises agro-industrielles qui cherche à optimiser leurs profits.

### Inconvénients potentiels d'une reproduction avant l'application

Des restes de sucres non digérés peuvent servir de source d'énergie facilement accessible aux agents pathogènes *Erwinia*, *Xanthomonas* ou *Phytophthora* présents dans la culture. A la différence des nouveaux arrivants, ces organismes établis sont parfaitement adaptés à leur environnement, capables d'exploiter immédiatement ces sucres et de croître de manière exponentielle avant que les microorganismes bénéfiques

ne soient en mesure de les contrer. Ce danger est particulièrement grand lorsque des restes du produit aspergé demeurent sur les feuilles.

L'introduction supplémentaire de restes de nitrate et de phosphate peut provoquer un déséquilibre du dosage nutritionnel optimal d'une production végétale. Ce risque concerne particulièrement les plantations hydroponiques et semi-hydroponiques. Basée sur une technologie de pointe, la gestion informatique précise et équilibrée de l'approvisionnement en substances nutritives peut s'en trouver bouleversée. Il a déjà été mentionné que les reproductions de microorganismes étaient en compétition avec les plantes pour l'approvisionnement en nutriments. Ce phénomène ne peut pas se produire avec nos produits de haute technologie.

L'emploi de matière végétale brute comme source de carbone présente des risques de diffusion et de reproduction d'agents pathogènes. Elle implique au préalable un compostage à des températures élevées pour éliminer les champignons pathogènes et les bactéries. Cette pratique est incompatible avec la reproduction de rhizobactéries et *Trichoderma* qui ne peut se faire à des températures aussi élevées.

Le point précédent conduit à la réflexion générale suivante: Les inoculants commerciaux haute performance sont constitués de mélanges de souches pures, produites sous stricte supervision dans des bioréacteurs industriels et stériles. Ce type d'incubation exclut la reproduction de microorganismes indésirés. Toutes les conditions importantes pour la croissance sont strictement contrôlées afin que les souches ne perdent pas leurs propriétés bénéfiques. En outre, les substances nutritives non consommées par les microorganismes sont presque entièrement éliminées. Les bons résultats obtenus de manière constante au cours de plusieurs années sont dus à un contrôle de qualité permanent fondé sur des critères scientifiques.

En comparaison, le processus de reproduction traditionnelle s'accompagne de nombreux impondérables. La durée et la température de fermentation varient trop souvent et peut changer radicalement la composition des espèces, les résidus et les propriétés d'applications. La croissance commune de plusieurs microorganismes et la compétition qui l'accompagne peuvent être fatales à certaines espèces. Dans ces conditions, les mycorhizes ne sont pas en mesure de se reproduire et meurent. Les espèces restantes peuvent partiellement perdre leur efficacité. Une grande variabilité des produits finaux entraîne une grande diversité de résultats dans la culture des plantes. Autant de facteurs imprévisibles peuvent provoquer des imprévus qui affectent le planning des cultures et peuvent dans le pire des cas occasionner des pertes.

### **Un surdosage de microorganismes est-il possible?**

Une fertilisation avec une quantité excessive de sels minéraux peut provoquer un «brûlage» de la plante. Ce risque n'existe pas avec les microorganismes. Ceux-ci accomplissent leur travail ou meurent. C'est pourquoi il ne peut être question d' «excès» (dans le sens strictement technique du terme). Il s'agit plutôt de bien calculer le dosage dans le cadre d'un rapport qualité/coût afin d'utiliser suffisamment de produit pour obtenir l'effet escompté.

## **A quelle quantité d'eau les microorganismes doivent-ils être mélangés lors de leur application?**

Nos produits sont des poudres fines ou des granulés. Pour certaines applications, ils sont mélangés avec le substrat ou avec les semences. Souvent cependant, ils sont en suspension dans l'eau et appliqués par pulvérisation ou par un système d'irrigation.

Pour le produit Bactiva® par exemple, la proportion de 30g de produit pour 10L d'eau s'est révélée appropriée. Il importe qu'à l'aide de suffisamment d'eau, les spores des microorganismes pénètrent la zone racinaire. Il faut toutefois veiller à ne pas dépasser la capacité d'absorption d'eau du substrat pour éviter que les spores ne soient emportées (par exemple par les gouttes tombant du plateau de germination).

D'un point de vue biologique, la quantité exacte d'eau n'est pas importante tant que les spores disposent de suffisamment d'eau pour leur germination. Dans l'application, l'eau joue donc essentiellement un rôle de véhicule. La détermination de la juste quantité d'eau à appliquer est davantage motivée par un objectif d'ordre agronomique, le but étant l'introduction aussi complète que possible des spores dans la zone racinaire. La quantité d'eau est avant tout fonction du mode d'application et de l'équipement employé. Elle doit permettre une répartition homogène du produit sur toutes les unités de production (plateau de germination, pot, buisson, champ ou verger).

### **Différences entre applications foliaires et applications racinaires**

Contrairement à l'application au sol, l'application foliaire de préparations biologiques comme les bioinsecticides à base de *Bacillus thuringensis*, *Beauveria bassiana* ou *Metarrhizium anisopliae* nécessitent une définition précise de la quantité d'eau à appliquer. L'efficacité de ces produits dépend d'une couverture de la feuille la plus complète possible. Dans le même temps, une forte concentration de spores est indispensable pour maximiser la probabilité d'atteindre tous les agents pathogènes sur la feuille.

Le sol permet une meilleure diffusion des bactéries et des champignons grâce à la croissance de colonies et du mycélium. C'est pourquoi dans les applications au sol, degré de mouillage et concentration des spores sur la surface de la racine sont moins déterminantes. La matière organique du sol permet en effet aux saprophytes de mieux s'étendre vers la racine et vers les agents pathogènes à combattre. L'avis qui prévaut encore est que ceci n'est généralement pas possible sur les cuticules foliaires pauvres en éléments nutritifs.

### **Faut-il ajuster le pH de l'eau avec laquelle les microorganismes sont mélangés?**

Tous les microorganismes disposent d'une gamme de pH spécifique particulièrement favorable à leur croissance et à leur efficacité. C'est la raison pour laquelle certains fournisseurs conseillent d'ajuster le pH de l'eau avant de procéder au mélange des préparations. Nous ne faisons pas cette recommandation dans la mesure où les microorganismes que nous choisissons tolèrent des eaux d'arrosage trop acides ou trop alcalines dans un seuil acceptable pour les plantes. L'emploi de ces eaux n'entraîne pas de dommages durables. C'est pourquoi un ajustement du pH ne s'impose pas.

En fin de compte, c'est la valeur du pH présent dans la rhizosphère et dans le sol. qui est déterminante pour l'efficacité des microorganismes. Nos souches résistent mieux que les plantes à des pH extrêmes. Cela explique pourquoi sur des sols extrêmement acides ou alcalins, les plantes inoculées se développent mieux que les plantes non traitées. C'est pourquoi les décharges de minéraux aux Etats-Unis ont pu être reboisées après des années de tentatives infructueuses grâce au champignon ectomycorhizien *Pisolithus tinctorius*.

### **Quand l'usage de microorganismes est-il particulièrement recommandé?**

L'introduction à intervalles réguliers de microorganismes bénéfiques peut améliorer la production en particulier dans un terroir défavorable à la croissance de certaines plantes et organismes du sol. Les microorganismes contrôlent les agents pathogènes. Dans le même temps, ils stimulent la croissance de parties saines chez des racines endommagées par la transplantation, luttant contre des maladies ou qui souffrent du compactage du sol.

La pratique a montré qu'il était souvent avantageux d'introduire des microorganismes bénéfiques dans des sols qui ont longtemps été cultivés de manière conventionnelle. Les plantes réagissent généralement à l'introduction de ces microorganismes par une meilleure absorption des nutriments, une croissance accélérée et de meilleurs rendements.

L'application de microorganismes est aussi recommandée quand un apport naturel suffisant de souches bénéfiques et d'espèces à proximité de la racine n'est pas garanti. C'est particulièrement le cas chez les champignons endomycorhiziens dont les spores ont un large diamètre. Ces champignons ne peuvent généralement pas être transportés par l'air pour inoculer des plateaux de germination.

### **La mycorhization**

Les semis que l'on fait germer dans la tourbe ou dans des substrats similaires ne peuvent normalement former de mycorhizes sans l'application de spores mycorhiziennes. Par contre, si la plante est traitée le plus tôt possible, le champignon a la possibilité de se déployer dans toute la zone racinaire et traverse un processus de maturation semblable à celui des plantes. Un mycélium bien développé au moment de la transplantation aide la plante à surmonter son stress de transplantation. Si les plantes non mycorhizées entrent tôt ou tard en contact avec des champignons mycorhiziens après le repiquage, cette mycorhization tardive leur fait néanmoins perdre leur avance à un moment crucial de leur cycle de croissance.

Dans le large éventail de cultures qui bénéficient de la mycorhization, il convient de traiter avant tout à un stade précoce et plusieurs fois celles qui apportent de hauts rendements pendant de longues années comme par exemple les pieds de vigne ou les arbres fruitiers. L'analyse coût/bénéfices est à cet égard éloquent: L'investissement que représente un traitement avec Endospor est minime comparé aux dépenses liées à la production de cultures et aux bénéfices potentiels. Ce n'est pas le cas pour les cultures courtes. Pour une laitue, le coût d'une mycorhization peut rapidement dépasser les avantages qu'elle

représente. Des essais sur le terrain sont recommandés pour savoir si cet investissement s'impose.

### **Pourquoi tous les jardiniers et agriculteurs n'utilisent-ils pas déjà des microorganismes?**

Bien que l'utilisation de microorganismes dans la production de plantes augmente dans le monde, leur mise en œuvre n'est encore qu'à ses débuts. Leur potentiel pour compléter ou se substituer aux engrais chimiques et aux pesticides est scientifiquement prouvé. Pourtant les produits à base de microorganismes sont encore loin de pouvoir rivaliser avec les produits chimiques conventionnels qui assurent toujours leur prédominance sur le marché. Les raisons de cet état de fait sont multiples et suscitent souvent de vives polémiques.

Les petits fabricants de préparations biologiques ne sont pas en mesure de supporter les coûts que représente la mise aux normes selon des critères fixés par l'industrie chimique pour l'homologation des pesticides. C'est du moins le cas dans la phase initiale où en l'absence de grands marchés lucratifs de tels investissements ne semblent être justifiés.

Par conséquent, les fournisseurs d'«amendements pour sols» ou de «fortifiants» sont contraints de ne donner qu'une présentation sommaire de l'action de leurs produits et de nommer «effets secondaires» les effets phytosanitaires visés. Ces produits biologiques dont l'efficacité est prouvée, sont mis au même niveau que des produits douteux, sortes de «remèdes universels» dont la prétendue efficacité ne repose sur aucune base scientifique.

Dans son choix d'une préparation de microorganismes, l'utilisateur ne dispose généralement d'aucun standard de qualité reconnu dans l'industrie. Le problème commence par la concentration des principes actifs déclarée sur l'étiquette. Parce que la vérification de ces concentrations implique des analyses coûteuses, celles-ci sont souvent délaissées. Par conséquent, quelques «moutons noirs» peuvent nuire à la réputation de toute une industrie, en faisant par exemple des promesses exagérées en vue de booster leurs ventes et de s'assurer des succès commerciaux rapides.

Néanmoins, étant donné l'intérêt grandissant pour ces produits de haute technologie et l'augmentation du volume de leurs ventes, le nombre de produits de qualité disponibles et la confiance des consommateurs en ces marques s'accroît. Nous sommes confiants en l'avenir et pensons que les innovations vont s'imposer si elles apportent réellement une plus-value.

### **"Les utilisateurs conservateurs"**

L'assertion selon laquelle de nombreux jardiniers et agriculteurs seraient «conservateurs» et réfractaires aux changements n'est pas justifiée. Au même titre que les autres secteurs économiques, le secteur agricole a connu les bouleversements technologiques qu'ont été par exemple la rationalisation industrielle, l'informatisation et la mondialisation. En plus la redondance de crises provoquées soit par la hausse des prix de l'énergie et des fertilisants, soit par une législation restrictive sur les pesticides, incitent le monde agricole à s'adapter continuellement.

## **Peut-on utiliser des microorganismes présents dans le sol pour lutter contre les maladies foliaires ou comme biofertilisants?**

Les champignons mycorhiziens n'ont pas les moyens de croître dans une zone foliaire et doivent nécessairement être appliqués à proximité de la racine. Il en va tout autrement d'un grand nombre de bactéries libres et de champignons de la rhizosphère. Elles peuvent en général pousser dans la partie aérienne des plantes si elles y trouvent une base alimentaire mais y sont néanmoins exposées à une série de problèmes qui entravent leur conquête de ce nouvel espace vital.

Contrairement à l'abondance en matière organique dans le sol et dans la rhizosphère, la cuticule des feuilles (phyllosphère) ne recèle que très peu de nutriments. *Bacillus* et *Trichoderma* ne peuvent pas se déplacer activement mais se diffusent sur un lieu de croissance à travers la formation de colonies et de mycéliums. Immobiles, dépourvues d'une source énergétique et exposées aux risques liés au rayonnement ultraviolet et au dessèchement, elles ne peuvent pratiquement pas contribuer à la protection ou à la fertilisation de la plante.

### **Exceptions**

Dans certains cas isolés, l'application de microorganismes du sol sur la partie aérienne des plantes donne de bons résultats. On laisse par exemple des abeilles traverser un espace imprégné de *Trichoderma* quand elles quittent la ruche. Au moment de butiner, les abeilles s'appliquent à déposer des conidies sur les fleurs de fraisier et contribuent ainsi à la prévention contre le champignon *Botrytis*. Nos microorganismes antagonistes peuvent également avoir un effet protecteur dans la partie menacée de pourriture de la couronne racinaire.

## **Peut-on spécifiquement favoriser la croissance sélective de microorganismes bénéfiques?**

Nos microorganismes libres tirent leur énergie de la décomposition de composants organiques. Pour ce faire, ils ont besoin d'une série d'additifs qui sont des éléments déjà présents dans les boîtes de Pétri des plateaux de germination, selon un mode de culture pratiqué en laboratoire. Si l'on ajoute ces composés au sol, ceux-ci profitent indifféremment à toutes les espèces de microorganismes, aussi bien aux microorganismes bénéfiques, qu'aux microorganismes nuisibles. Il est donc impossible par ce moyen de favoriser spécifiquement la croissance de certaines espèces de microorganismes en particulier.

Toutefois, nous recommandons l'application de composés qui favorisent durablement la croissance des microorganismes du sol. Un sol dont la population est biologiquement active et écologiquement stable accroît la résistance des plantes aux agents pathogènes à condition d'éviter l'application de sources énergétiques rapidement disponibles tels que les sucres qui sont très vite digérés. Des composés dotés de structures microscopiques qui étendent leur surface constituent également un milieu de culture favorable.

## **De nouvelles approches**

En dehors de ces observations générales, ce n'est que récemment que des expériences visant à encourager la croissance spécifique de certains microorganismes ont eu lieu. Celles-ci semblent prouver qu'en jouant un rôle de messenger, certains composés polyphénoliques contribuent à la colonisation par des champignons endomycorhiziens. Dans le même temps, l'ajout de milieux de croissance bien précis sur la cuticule généralement pauvre en nutriments des feuilles, favorise la croissance de microorganismes sélectionnés. Néanmoins, jusqu'à ce jour, ces idées n'ont pas encore trouvé leur application sur le marché.

## **Efficacité**

### **L'efficacité peut-elle être garantie?**

L'emploi de microorganismes a pour principal objectif d'assurer et de renforcer la santé des plantes. Un biofongicide est en mesure de décimer un champignon terricole pathogène sans l'éradiquer. Les restes du pathogène sont empêchés de nuire. Notre but n'est pas d'éliminer complètement le champignon pathogène au détriment de la santé d'une plante qui tiendrait lieu de *patiente* mais bien plutôt d'éviter les dommages pour obtenir le rendement maximal d'une plante saine.

L'application de produits chimiques traditionnels s'inscrit le plus souvent dans une conception monocausale. On applique par exemple de l'azote sur les feuilles de couleur jaunâtre qui en manquent afin qu'elles retrouvent leur couleur verte.

Les effets et les interactions des microorganismes sont souvent multiples. Travailler avec ces systèmes complexes requiert une réflexion holistique et non de simples pensées linéaires qui se limitent à des relations de cause à effet. C'est la raison pour laquelle dans la pratique, il est souvent impossible de prédire avec précision l'efficacité d'une application. Nous nous intéressons à la probabilité d'une conjonction de différents facteurs positifs qui se renforcent souvent en interagissant et dont l'effet supplante celui obtenu par un traitement exclusivement chimique.

### **Les produits biologiques sont-ils aussi efficaces que les produits chimiques?**

Souvent, à condition d'être bien appliqués, nos préparations biologiques haute qualité apportent des résultats égaux ou supérieurs à ceux des produits chimiques traditionnels.

Contrairement aux pesticides chimiques, l'application de produits biologiques répond à un souci de prévention et non de guérison. Les microorganismes antagonistes contenus dans le produit Bactiva® peuvent entraîner une amélioration significative des sols fortement contaminés par des champignons et des agents pathogènes et pour lesquels l'emploi de fongicides traditionnels n'est plus suffisant. Le remplacement brusque des fongicides chimiques employés durant de longues années par des microorganismes antagonistes peut justement générer une toute nouvelle stratégie de protection et sensiblement amoindrir les dommages causés par les agents pathogènes.



L'usage de produits biologiques évite aux plantes un processus de métabolisme coûteux en énergie occasionné par les produits chimiques pour se détoxifier. Cet avantage se répercute positivement sur les rendements.

### **Fertilisation**

Les biofertilisants ne sont pas en mesure de se substituer entièrement aux fertilisants chimiques dans la culture de plantes à haute performance.

Les bactéries fixatrices d'azote ne peuvent qu'absorber une quantité limitée d'azote (jusqu'à 70kg/Ha). Par contre, elles peuvent transférer plus efficacement l'azote à la plante que ce n'est le cas dans une fertilisation chimique où la plus grande partie de l'azote se perd.

Les microorganismes permettent à la plante d'accéder au phosphore et au kalium dans le sol mais contrairement à l'azote, ces éléments ne sont pas présents dans l'air. C'est pourquoi les microorganismes ne peuvent pas les fixer. Ils ne peuvent donc remplacer les engrais chimiques que là où ces éléments, bien qu'en quantité suffisante dans le sol, sont insolubles ou difficilement solubles et donc inaccessibles aux plantes. Les microorganismes ne sont incapables d'alimenter la plante en phosphore et en kalium dans un substrat artificiel dépourvu de fertilisants minéraux.

Il est conseillé de nous consulter préalablement pour définir dans quelle mesure le produit biologique peut remplacer le produit chimique. A partir de l'observation de ces effets sur les plantes, une nouvelle évaluation sera effectuée avec nos consultants.

### **Si les organismes sont si performants, comment se fait-il que les grandes entreprises ne les mettent pas sur le marché?**

L'application de produits biologiques nécessite généralement un conseil plus personnalisé fait par un personnel technique qualifié. Contrairement à l'emploi d'un insecticide qui fait que les insectes meurent et tombent des feuilles, les bio-insecticides exigent une connaissance précise du cycle de développement de l'insecte ravageur afin de déterminer le meilleur moment pour l'application.

L'approche holistique d'une gestion des systèmes biologiques n'est généralement pas compatible avec les structures de distribution et la culture d'entreprise des grandes multinationales de l'industrie chimique. Cela crée des niches pour les entreprises spécialisées qui proposent au client en plus des produits un service de conseil et d'assistance plus intensif.

### **Si les microorganismes sont capables de prévenir la maladie, pourquoi cela n'est-il pas toujours indiqué sur l'emballage?**

Légalement, l'effet pesticide d'un produit doit faire l'objet d'un coûteux processus d'homologation pour être indiqué sur l'étiquette. Cela peut impliquer le versement préalable de sommes considérables sans que l'homologation ou le succès commercial ne soient garantis. Etant donné leur chiffre d'affaires encore bas, ces investissements et les

risques qui en découlent ne se justifient pas pour la majeure partie des entreprises du secteur de la protection biologique des cultures.

En attendant, ces produits sont déclarés «amendement pour sol» ou «biofortifiant» sans que leur effet protecteur pour les plantes ne puisse être indiqué sur l'étiquette.

### **Sous quelles températures nos microorganismes sont-ils le plus efficaces? Sous quelles températures n'ont-ils pas d'effets?**

La température optimale pour le développement de nos microorganismes se situe entre 25°C et 35°C. Des températures supérieures risquent d'inhiber leur croissance. Les premières pertes dues à des dommages irréversibles de leurs protéines par effet de coagulation apparaissent à des températures dépassant 42°C.

Il est à noter que les microorganismes contenus dans nos produits, qu'ils soient stockés ou utilisés, ne doivent jamais être exposés à des températures supérieures à 40°C. Or, cette température peut facilement être dépassée en été dans une voiture ou dans les tuyaux d'irrigation.

*Trichoderma* cesse généralement de croître à des températures inférieures à 10°C. Néanmoins, nous enregistrons également de bons résultats dans les cultures des zones tempérées, probablement parce que l'activité des champignons pathogènes est également faible sous de telles températures.

La plupart de nos microorganismes ne devrait pas être entreposée à des températures inférieures au point de congélation, car des cristaux de glace susceptibles de transpercer les membranes risquent d'apparaître dans les cellules.

On peut dire que d'une manière générale, les conditions favorables à la croissance des plantes le sont aussi pour les microorganismes contenus dans nos produits. Cela vaut aussi pour les températures. Les microorganismes vivant sur la racine et qui tolèrent à la fois un environnement froid et chaud permettent aussi aux plantes de mieux surmonter les températures extrêmes.

### **A quoi reconnaît-on que l'application de microorganismes a été réussie?**

Une racine traitée avec Bactiva® tend à être plus abondante, de couleur plus claire et avec plus de poils. Quand elle est secouée, sa motte conserve davantage de terre que des racines non traitées. Le rapport entre la masse racinaire et la masse foliaire est modifié en faveur d'un système racinaire plus vigoureux.

Les plantes traitées avec Bactiva® et Endospor® supportent mieux les transplantations, les conditions environnementales défavorables et le manque de nutriments. Elles sont plus résistantes aux agents pathogènes du sol et subissent moins de dégâts dans la partie foliaire. Du reste, elles génèrent des rendements plus élevés, ont une plus grande longévité et leur activité s'étend sur de plus longues périodes.

Une croissance plus vigoureuse ne peut pas être observée chez toutes les plantes inoculées avec des champignons mycorhiziens. A la différence de l'ectomycorhize, l'endomycorhize n'est généralement pas visible à l'œil nu. Un mycélium fongique bien

développé dans le sol est en général plus déterminant pour la réussite du traitement que le processus de mycorhization de la racine.

Des méthodes de microscopie optique permettent de déceler la présence de fortes concentrations de souches de *Trichoderma* à proximité de la racine plusieurs semaines après le traitement avec Bactiva. Plus leur concentration est élevée, meilleure est leur protection contre les champignons de pourriture.

L'expérience a montré que les sols et les substrats traités avec des microorganismes antagonistes peuvent continuer à maintenir des concentrations relativement élevées de champignons pathogènes qui ne parviennent plus cependant à provoquer des maladies chez la plante.

### **Quelle quantité d'engrais l'emploi de fixateurs d'azote et de solubilisateurs de phosphore permet-il d'économiser?**

La demande nutritionnelle d'une culture dépend de nombreux facteurs, tels que la quantité de macro- et micronutriments ainsi que celle d'oligoéléments présente dans le sol. Les besoins spécifiques de la plante, sa phase de croissance, le système de production et les rendements visés sont également déterminants. Un conseil en matière de fertilisation doit prendre en compte tous ces critères et s'appuyer sur des analyses chimiques.

Par conséquent, il est impossible de faire une recommandation globale concernant des économies dans l'emploi de champignons mycorhiziens combinés à des rhizobactéries (par exemple les produits Endospor<sup>®</sup>33, Fosfonat<sup>®</sup> et Endospor<sup>®</sup>Dry Mix). Cependant, d'une manière générale, la réduction de 20% de l'apport d'azote et de phosphate au cours de la première année de la culture a fait ses preuves. Si cette diminution de l'apport de ces éléments ne s'accompagne pas d'une baisse des rendements, on peut procéder à une réduction par palier de 30% voire même de 40% les années suivantes.

Il faut se méfier des promesses exagérées selon lesquelles les microorganismes pourraient remplacer le plan d'ensemencement organique et chimique. Si votre objectif est de réaliser des économies dans votre programme d'ensemencement, nous vous recommandons de consulter nos spécialistes dans une période couvrant plusieurs cycles de croissance.

### **De quel ordre peut être l'augmentation des rendements générée par l'application de microorganismes?**

L'accroissement des rendements le plus couramment observée, suite à l'emploi d'Endospor<sup>®</sup>33, de Fosfonat<sup>®</sup> ou d'Endospor<sup>®</sup>Dry Mix dans des cultures agricoles, se situe entre 5% et 10%. De même qu'on ne peut établir avec précision les possibles économies de fertilisants dans un plan d'ensemencement, il faut se garder de faire des prévisions trop hâtives concernant l'accroissement des rendements.

L'expérience a montré que les augmentations de rendement sont d'autant plus importantes que ces rendements sont inférieurs au potentiel génétique de la plante. On peut s'attendre à ce qu'une production de maïs de 6ton/Ha augmente de 10%. Par contre, ce chiffre devra être ramené à environ 5% pour des rendements atteignant déjà 12ton/Ha.

## Compatibilités

### Peut-on combiner nos microorganismes et les produits chimiques?

Les conseils d'utilisation des préparations biologiques devraient inclure une liste de compatibilité indiquant leurs interactions avec des pesticides et des fertilisants. Cela est particulièrement nécessaire dans le cas des gestions en culture intégrée et le remplacement progressif de produits chimiques par des produits biologiques.

En règle générale, les champignons bénéfiques contenus dans nos produits sont compatibles avec des insecticides, herbicides, antibiotiques et même avec de nombreux fongicides. Cependant l'action des fongicides entraîne parfois une faible inhibition de la croissance. Si le taux de colonisation de notre souche d'endomycorhize *Glomus intraradices* n'est pas inférieur à 80% du taux normal, le fongicide est encore considéré comme compatible.

Des concentrations élevées de phosphate (> 40 ppm dans une solution nutritive) peuvent retarder le processus de colonisation par des champignons mycorhiziens, au point que celui-ci ne puisse se réaliser au cours de la courte période de production végétale. Pour certaines cultures comme celle du blé, la mycorhization permet souvent d'obtenir des rendements plus importants tout en diminuant de moitié la quantité de phosphate habituellement employée.

En général, les bactéries bénéfiques de nos produits tolèrent les insecticides, les herbicides, les fongicides mais pas les antibiotiques.

Dans la plupart des cas, le mélange des spores de champignons et de bactéries dans un réservoir contenant des pesticides et des engrais chimiques est à éviter. Une attention particulière est également de mise dans l'application des biocides antimicrobiens à large spectre d'action tels que le chlore et le peroxyde d'hydrogène.

### Quels ajustements des pratiques culturales l'usage de microorganismes implique-t-il?

Notre objectif est de mettre en place un système de gestion intégrée des cultures basé sur un emploi croissant de nouveaux éléments microbiologiques sans changer radicalement le mode de culture. A l'exception des antimicrobiens et de certains fongicides chimiques, nos produits sont compatibles avec la plupart des produits chimiques. Ceci rend possible une introduction progressive du produit sans renoncer à la totalité des produits chimiques habituellement utilisés et sans changer radicalement les pratiques culturales.

A long terme, notre but est que ces alternatives biologiques se substituent entièrement aux produits chimiques. Par exemple, dans le cas du produit Bactiva<sup>®</sup>, l'abandon de la totalité des produits fongicides par les clients convaincus des effets préventifs des microorganismes suscite notre plus grande satisfaction.

Nos consultants ont à cœur d'établir progressivement une relation de confiance avec les clients. Nous sommes conscients que l'abandon du mode de culture conventionnelle au profit du mode de culture biologique implique toujours une courbe d'apprentissage de la

part du client et du fournisseur. Nous reconnaissons la valeur d'une expérience acquise au cours de nombreuses années et sommes sceptiques par rapport à des «solutions» radicales.

### **Pratiques conseillées**

Bien que n'étant pas indispensables, les pratiques culturales qui améliorent le sol de manière écologique en favorisant la production d'humus et qui empêchent la prolifération d'agents pathogènes sont recommandées. Cela concerne tout particulièrement l'apport de matière organique et de biostimulants qui stimulent l'activité biologique du sol et parmi lesquels figurent le compost, le vermicompost, les extraits de poisson et d'algue ainsi que les acides humiques et fulviques. La baisse de la fréquence des labours allant jusqu'au semis direct, la densité de plantation appropriée et la rotation des cultures en hiver et en été y contribuent également. Le plan d'ensemencement doit intégrer les micro-éléments et être modifié en fonction des résultats d'analyses rapprochées et des mesures répétées du taux de pH et de la conductibilité électrique. Notre assistance technique comprend les aspects biologiques, chimiques et organiques.

### **A quelles plantes profitent nos microorganismes?**

Les racines de toutes les plantes sont associées à des microorganismes bénéfiques. A l'exception des plantes aquatiques, notre produit **Bactiva**<sup>®</sup> peut être appliqué avec succès à toutes les cultures. Cela concerne également les épiphytes comme les orchidées ornementales que l'on trouve dans le commerce et qui sont régulièrement traitées avec Bactiva<sup>®</sup>.

Les produits Bactiva<sup>®</sup>, Endospor<sup>®</sup> et Ectospor<sup>®</sup> ont jusqu'à présent principalement été appliqués sur les cultures suivantes:

- Agrumes: Poivron, tomate, piment, pomme de terre, laitue, concombre, fraise, mûre, framboise, pastèque...
- Légumineuses: Haricot, petit pois, soja, fève, pois chiches, arachide...
- Céréales et maïs: Maïs, blé, sorgho, orge, millet...
- Plantes ornementales: Poinsettia, rose, fleurs coupées...
- Arbres forestiers et fruitiers: Pin, chêne, pêcher, avocat, noisette ...
- Cultures de rente: Canne à sucre, coton, huile de palme...
- Espaces verts: Terrains de golf, terrains de sport, espaces verts urbains

### **Les mycorhizes**

Certaines plantes ne peuvent pas être mycorhizées. Il s'agit en particulier de toutes les espèces de choux (*Brassicacées*), sarrasin (*Polygonaceae*), (*Caryophyllaceae*), (*Crassulaceae*), (*Chenopodiaceae*), ainsi que des plantes aquatiques ou vivant en milieu humide comme les carex (*Cyperaceae*) et les joncs (*Juncaceae*). Figurent parmi les plantes ne pouvant être mycorhizées également certaines familles de plante comme les plantes carnivores et les parasites.

Ces plantes ne peuvent pas être traitées avec Endospor<sup>®</sup>. Cependant, à l'exception des plantes aquatiques, toutes ces plantes peuvent être traitées de manière efficace avec Bactiva<sup>®</sup>.

Par ailleurs, il est à noter que toutes les espèces de plante ne nécessitent pas toutes le même champignon mycorhizien. On distingue différentes espèces de mycorhize auxquelles sont associés différents genres fongiques. (ectomycorhize, ectendomycorhize, mycorhize arbutoïde, éricoïde, VA mycorhize, mycorhize d'orchidée et monotropeïde).

Le type le plus commun est la mycorhize VA (VA = vésiculo-arbusculaire) formé principalement par des champignons du genre *Glomus*. Le produit Endospor est recommandé pour ce type de mycorhize.

Dans le secteur forestier, on privilégie le plus souvent Ectospor® qui contient les champignons ectomycorhiziens *Pisolithus* et *Rhizopogon*. Ces champignons colonisent les racines de tous les conifères et des feuillus de la famille des bouleaux (Bétulacées), des hêtres (Fagacées) et celles des saules (salicacées).

### **Peut-on appliquer un mélange de *Trichoderma* et de bactéries telles que *Bacillus subtilis*?**

Cette question a été ardemment débattue chez certains spécialistes. Les expériences faites jusqu'à présent ont amené les observations suivantes: *Trichoderma* et *Bacillus subtilis* peuvent se nuire de manière sporadique par concurrence, antagonisme voire même par parasitisme. Cette interaction étant rare et en règle générale de faible intensité, ses effets négatifs sont largement compensés par les avantages qu'elle présente. La combinaison de plusieurs espèces très actives accroît les chances de réussite et étend son champ d'application à diverses cultures soumises à une grande variété de conditions environnementales et de production.

### **Peut-on combiner différents produits contenant des microorganismes?**

L'équilibre écologique d'une communauté naturelle d'espèces croît en fonction du nombre d'espèces et de souches qu'elle contient. Cette règle vaut également pour la communauté biologique du sol et la rhizosphère, zone d'influence immédiate de la racine. La stabilité écologique ainsi que la richesse en espèces de microorganismes constituent ici deux facteurs favorisant le développement de la plante malgré des conditions environnementales défavorables.

Cependant, il est possible que des microorganismes de différents produits en usage dans le commerce interagissent de manière antagoniste. On peut concevoir, qu'un fixateur d'azote fortement dominant mais peu efficace repousse le fixateur d'azote moins dominant mais plus efficace d'un autre produit.

Pour l'éviter, il convient de n'utiliser que des préparations complémentaires qui ont déjà fait leurs preuves chacune séparément. L'usage d'une combinaison de plusieurs produits devrait s'avérer plus efficace que celle d'un seul produit.

### **Les microorganismes peuvent-ils être combinés à tous les substrats?**

L'*amplitude écologique* désigne la capacité d'un organisme à vivre, à se développer et à se reproduire dans certaines conditions environnementales comme la température, l'acidité ainsi que la quantité et la disponibilité en eau. L'amplitude écologique des

microorganismes est en général supérieure à celle des plantes. Cela signifie que ces microorganismes peuvent survivre là où les plantes sont condamnées. Les microorganismes qui colonisent les racines des plantes leur permettent de mieux résister à des niveaux de pH et à des températures extrêmes ainsi qu'à un stress hydrique. Les microorganismes exercent un effet tampon permettant aux plantes d'élargir leur amplitude écologique.

Ce constat permet de répondre à un grand nombre de questions qui se posent en ce qui concerne les besoins des microorganismes. Les conditions qui sont favorables aux plantes le sont aussi pour les microorganismes contenus dans nos produits. Par conséquent, les microorganismes peuvent être combinés à toutes sortes de substrats de plante.

Cependant, si ces mélanges sont appelés à être stockés sur de longues périodes, cette compatibilité d'un substrat ou d'une solution comme substance porteuse pour des mélanges de microorganismes doit le cas échéant être préalablement prouvée par des expériences en laboratoire avant d'être appliqué.

Dans trois quarts des cas, dès lors qu'ils ont été mélangés au compost, la faculté de nos champignons endomycorhiziens à coloniser les racines est largement diminuée après seulement quelques semaines de stockage. Ce phénomène varie cependant considérablement et pour des raisons difficiles à comprendre selon les différents types de compost.

Une quantité suffisante d'eau permet à des microorganismes saprophytes comme *Bacillus* et *Trichoderma* de germer et de pénétrer le substrat. Plus importante au début, la population qui en résulte risque de s'effondrer si le mélange est stocké trop longtemps.

## **Durabilité**

### **Pendant combien de temps nos microorganismes se conservent-ils?**

La durée de conservation des espèces et des souches de microorganisme est très variable. Les bactéries comme *Bacillus* qui produisent de véritables spores (endospores) sont les créatures qui ont la plus grande longévité.

La situation est tout-à-fait différente avec les espèces de bactérie qui ne forment pas de véritables spores. Ainsi les espèces *Pseudomonas*, *Azospirillum* et *Azotobacter* perdent-elles leur viabilité après quelques mois de stockage si elles n'ont pas été suffisamment séchées et stockées au point de congélation.

Notre souche de *Trichoderma harzianum* et le champignon endomycorhizien *Glomus intraradices* ont une durée de conservation égale ou supérieure à deux ans à condition d'avoir été stockés dans des conditions appropriées. La viabilité des spores ectomycorhiziennes est en général supérieure à celle des spores endomycorhiziennes.

## **La résistance des spores de *Bacillus***

Les spores de *Bacillus subtilis* résistent à des expériences simulant la collision d'une astéroïde avec la Terre, l'éjection de ces spores à travers le système solaire et leur impact sur une autre planète. On rapporte également que les spores de *Bacillus* stockées dans des dômes de sel peuvent encore germer pendant 250 millions d'années. Il est concevable comme l'affirme la théorie de la panspermie, qu'une transmission interstellaire de ces spores résistantes soit à l'origine de la vie sur Terre.

## **La durée de conservation de nos produits**

Il est difficile de déterminer la durée de conservation d'un produit quand celui-ci est composé d'organismes aux durées de conservation différentes. Nous avons décidé d'inclure des souches à haute performance mais à courte viabilité comme *Pseudomonas fluorescens*. Nous assurons cependant que des espèces de *Bacillus* à longue durée de conservation gardent leur efficacité même lorsqu'elles ont été stockées sur une longue période.

Notre expérience a montré qu'excellentes en laboratoire, les performances de nombreux produits devenaient décevantes lorsqu'ils étaient soumis aux rudes conditions d'un système de distribution. C'est pourquoi nous attachons tellement d'importance aux facteurs de longévité et de résistance dans notre sélection des souches et dans le choix des méthodes de production. Dans la plupart des cas, 98% de nos mélanges de spores restent viables pendant une période de 18 mois si elles sont stockées à des températures inférieures à 25°C.

## **Combien de temps nos microorganismes sont-ils viables lorsqu'ils sont mélangés au substrat ou à de l'eau?**

En règle générale, la réponse à cette question est difficile et nécessite des expériences en laboratoire au cas par cas. Rien ne s'oppose à ce que ces microorganismes soient stockés pendant une journée. Si la durée s'étend à plusieurs jours voire à plusieurs semaines, la consultation de nos spécialistes est conseillée.

## **Qualité**

### **A quoi reconnaît-on un «bon» inoculant biologique?**

Un produit biologique est «bon» quand il est efficace à un prix raisonnable. Un prix bas, une haute concentration de spores ou les promesses exagérées du fabricant ne suffisent pas pour prétendre que le produit est «bon».

Il est conseillé de faire son choix en se basant sur les observations d'autres consommateurs, en expérimentant ce produit sur des petites surfaces, en évitant des changements trop radicaux et en étant disposé à revoir éventuellement certaines recommandations.



## **Quelles différences y a-t-il entre les différents produits de microorganismes?**

Les produits microbiens se différencient surtout par le choix des espèces et des souches d'organisme, les modes de production et de conservation ainsi que par les concentrations et les additifs. L'efficacité de certains produits est due à un enrichissement d'une grande quantité de métabolites pendant le processus de production. Cette efficacité n'est pas conditionnée par le développement préalable des microorganismes. D'autres organismes perdent leurs propriétés pendant le processus de fabrication. Par ailleurs, les fabricants se distinguent de par leurs normes de qualité et leur expérience dans l'exploitation quotidienne de ces produits dans les conditions réelles du marché.

Ce n'est que le début d'une longue liste de différences qui rendent difficile une comparaison objective de ces produits. L'utilisateur devrait se renseigner sur la durée de stockage et sur sa compatibilité avec son système de production. Peut-il compter sur une qualité de conseil adaptée à ses besoins? Quelle est la réputation de cette marque et du fabricant sur le marché? Combien d'autres utilisateurs de ces produits connaît-il?

L'efficacité d'un produit chimique comme par exemple les engrais NPK ou les produits à base de métalaxyle par rapport à un autre produit de la même matière active chimique est souvent fonction de sa concentration. Un simple calcul du rapport qualité prix suffit au client pour faire son choix entre les produits de deux fournisseurs qui jouissent d'une bonne réputation. Pour les produits biologiques, une simple comparaison des listes de produits n'est pas suffisante. Un produit basé sur *Trichoderma harzianum* peut s'avérer plus efficace qu'un produit concurrent à une concentration mille fois supérieure.

## **Comment vérifier que la concentration de spores indiquée sur l'étiquette est exacte?**

En général, un utilisateur est incapable de vérifier la concentration en spores. Il peut se baser sur les analyses d'instituts microbiologiques. Il n'est cependant pas rare que les analyses pratiquées par différents instituts accrédités sur un échantillon pour déterminer sa concentration en spores donnent des résultats fort différents. Un client satisfait ne pourra jamais être assuré de retrouver la même concentration en spores ou le même degré de pureté lors de son prochain achat du même produit.

C'est là que la réputation d'une marque devient déterminante. En tant que fabricants, nous nous soucions de notre réputation. Afin d'obtenir continuellement de bons résultats sur une durée de plusieurs années, nous avons institué un contrôle de qualité stricte. Pour confirmer la qualité de nos produits, nous invitons des instituts indépendants à procéder à des contrôles de qualité selon les méthodes que nous avons employées.

## **Comment TNI assure-t-elle la qualité de ses produits?**

De chaque cycle de production, nous gardons un échantillon que nous soumettons à un contrôle de qualité au cours duquel les spores et leur capacité de germination sont déterminées selon des procédés reconnus en microbiologie.

## **A quoi servent les additifs de nombreux produits contenant des microorganismes?**

Les spores adhèrent aux particules additives qui leur servent de source de nutriments et leur permettent d'entrer en action.

Les critiques allèguent que les produits de microorganismes comprennent des additifs tels que des acides aminés, des acides humiques et des extraits d'algues, si bien qu'un effet positif est assuré et que rien ne prouve qu'il soit provoqué par les organismes.

Dans le cas de nos produits hautement concentrés, la quantité appliquée ne dépasse en général pas quelques centaines de grammes par hectare. Toutefois, ces petites quantités de produits contiennent beaucoup de spores presque toutes capables de former une colonie et de se reproduire ainsi de façon exponentielle. Des additifs ne peuvent pas se développer ou se reproduire. L'effet de quelques grammes d'extrait d'algues répartis sur un hectare est donc négligeable sur la croissance des plantes.

## **Sécurité**

### **Nos microorganismes peuvent-ils nuire à notre santé?**

Des données toxicologiques très étendues (voie cutanée, irritation cutanée, irritation des yeux, ingestion, animaux aquatiques) concernant Bactiva ont été rassemblées en suivant les directives EPA. Les résultats de ces analyses indiquant un DL50 > 5000mg/kg, justifient le «label vert».

L'inhalation de cette poudre fine doit être évitée. Malgré le caractère inoffensif de ces produits, la haute concentration de spores et de métabolites peut en effet provoquer une irritation des muqueuses et des voies respiratoires. Afin d'éviter des irritations et des réactions immunitaires, nous ne procédons aux mélanges qu'en portant des vêtements de protection et un masque respiratoire.

Par conséquent, nous recommandons à l'utilisateur de porter un masque respiratoire et des gants pour appliquer le produit. Une prudence particulière est requise pour les personnes allergiques. Bien que les microorganismes soient issus de la nature et présents dans l'air que nous respirons, nous ne sommes pas habitués à être exposés à de telles quantités de spores.

Si les microorganismes sont pulvérisés sur la partie aérienne de la plante, il est conseillé d'arroser pour qu'ils atteignent la rhizosphère où ils exercent leur action. Des dépôts du produit sur les feuilles et les fruits nécessitent que ces fruits soient lavés avant d'être consommés. Tant qu'il ne s'agit que de fins restes de la pulvérisation, ils ne présentent pas de dangers. Par contre, la vigilance est de mise s'il s'agit de restes du produit hautement concentré.

### **Nos microorganismes peuvent-ils nuire à nos plantes?**

Pour quelques produits appliqués après une fermentation artisanale en bidon, on a pu observer que dans le cas de certaines cultures semi-hydroponiques, des bactéries étaient en concurrence avec les plantes pour les nutriments. Jusqu'à présent, ni ce phénomène ni

d'autres effets négatifs de nos produits Bactiva<sup>®</sup>, Endospor<sup>®</sup> et Ectospor<sup>®</sup> n'ont été relevés sur les plantes.

### **Un usage répété de nos microorganismes peut-il nuire au sol?**

Les microorganismes contenus dans nos produits vivifient le sol et stimulent ses ressources naturelles sans nuire à sa qualité.