



Novembre 2016



**AGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRE D'AGRICULTURE
BRETAGNE

LES PRODUITS ALTERNATIFS EN PRODUCTION PORCINE

DESCRIPTIF TECHNIQUE



RÉSUMÉ

Cet ensemble de fiches techniques est le fruit d'une enquête menée auprès de 30 entreprises proposant des produits alternatifs en production porcine.

Ces fiches permettent d'aborder chacune des alternatives rencontrées. Elles sont classées en fonction de leur prédominance observée dans cette étude. La définition, des exemples rencontrés, les mécanismes d'action ainsi que les objectifs avancés et les conditions de réussite y sont détaillés. Les données sont établies à partir des informations recueillies auprès des fabricants et n'engagent aucunement la Chambre d'Agriculture. Des éléments bibliographiques ont été ajoutés de manière à apporter un éclairage scientifique.

Les conséquences attendues et notamment l'amélioration des performances (GMQ, IC) ne sont pas observés systématiquement selon les études et la comparaison reste difficile à cause de la diversité des matériels et méthodes et du contexte sanitaire. Généralement, les meilleurs résultats sont obtenus avec des animaux challengés c'est-à-dire en condition sanitaire dégradée. Plus de travaux sont nécessaires afin d'explicitier les modes d'action pour améliorer les connaissances et vérifier de manière moins aléatoire les conséquences sur l'animal.

SOMMAIRE

Les probiotiques	p.4
Les argiles	p.6
La phytothérapie	p.8
Les oligo-éléments	p.9
Les acidifiants	p.10
Les vitamines	p.12
Les huiles essentielles	p.14
Les prébiotiques	p.16
Les enzymes	p.17
Les algues	p.18
L'homéopathie	p.19



LES PROBIOTIQUES



Les probiotiques sont des micro-organismes vivants exerçant un effet bénéfique sur l'hôte en améliorant l'équilibre de la flore intestinale. Cet équilibre de flore est particulièrement fragile chez le porcelet à la naissance, où le tube digestif est colonisé rapidement par les micro-organismes de la flore maternelle et de l'environnement. Cet équilibre est aussi perturbé au sevrage où un changement d'alimentation s'opère.

Base	Exemples rencontrés
Levures	Saccharomyces cerevisiae Saccharomyces boulardii
Bactéries Gram+	Lactobacillus (plantarum, buchneri...) Bacillus Enterococcus faecium Pediococcus acidilactici

OBJECTIFS AVANCÉS

- Réguler la flore du tube digestif
- Protéger la muqueuse intestinale grâce à un « effet de barrière »
- Stimuler l'immunité de l'hôte
- Hygiéniser l'aliment en soupe
- Recoloniser la flore de barrière sur les surfaces des bâtiments après désinfection des salles

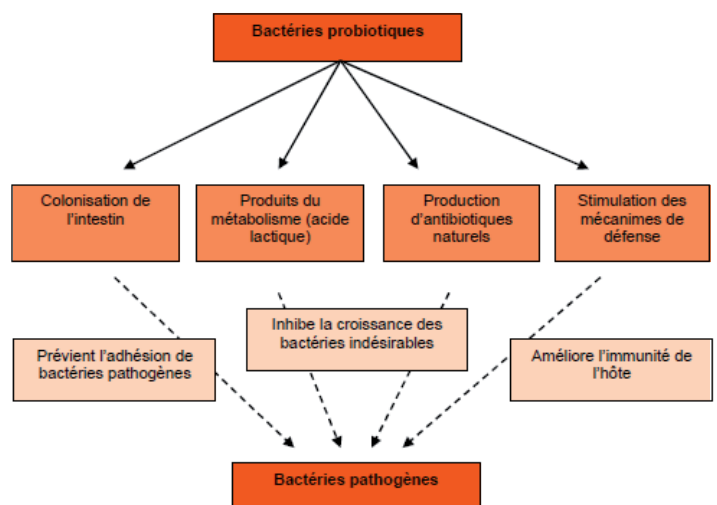
- **Effet nutritionnel** : la diminution du pH permet l'activation de certaines enzymes de dégradation des nutriments (protéases spécifiques). L'activité enzymatique des micro-organismes de l'intestin est stimulée permettant une meilleure assimilation des nutriments. Par exemple, les levures sont riches en enzymes lytiques. Elles ont aussi la capacité de métaboliser l'oxygène dans le tube digestif et privent les bactéries pathogènes de celui-ci. Elles sont sensibles aux températures élevées.

MÉCANISMES D'ACTIONS AVANCÉS

Selon la souche considérée :

- **Acidification du milieu** par la production d'acides gras à chaîne courte (acide lactique, acide acétique...) qui inhibent le développement des bactéries pathogènes (colibacilles, salmonelles...) nécessitant un milieu alcalin.
- **Production d'inhibiteurs** comme les bactériocines aux activités microbiennes.
- **Colonisation de l'intestin** en empêchant les bactéries pathogènes de se fixer aux parois du tube digestif : occupation des sites de fixation de l'épithélium jusqu'à l'inhibition de l'adhésion des bactéries pathogènes à l'épithélium.
- **Immunorégulation** :
 - Stimulation des mécanismes de défense
 - Diminution de la réaction inflammatoire intestinale en régulant la production de cytokines
- **Captation des nutriments** qui sont ainsi indisponibles pour les bactéries pathogènes (évitant leur prolifération, la production de toxines...).

Mécanismes d'action possibles des bactéries probiotiques pour améliorer la résistance aux bactéries pathogènes (Colloque CRAAQ, 2004)



RECOMMANDATIONS

Site adéquat : pour être efficace, certains probiotiques doivent parvenir jusqu'à l'intestin et au caecum pour y orienter la flore ou encore développer une activité enzymatique. Leur forme sporulée (cas des Bacillus), combinée à des techniques comme l'enrobage ou la micro encapsulation, les protègent et leur permettent de résister aux conditions difficiles (température de granulation, stockage, acidité stomacale...).

Quantité suffisante : être attentif au niveau d'UFC (Unité Formant Colonie) permettant de dénombrer les bactéries ou levures vivantes. En effet, des pertes d'activité au stockage ou lors des process de fabrication sont inévitables et un taux minimum de 10⁶ ufc/g d'aliment est à respecter.

Apport régulier : utilisation en prévention avec des apports réguliers nécessaires car ils ne s'implantent pas dans le tube digestif. Après ingestion, la capacité de survie aux différents étages du tube digestif varie beaucoup entre les genres et les souches et doit être raisonné en fonction de l'objectif recherché.

Absence d'inhibiteur : faire attention aux antagonismes dans le cas d'ajout d'agents bactéricides comme le chlore, le peroxyde d'hydrogène, les acides liquides (ex : acide formique), les huiles essentielles ou les antibiotiques à visée Gram+.

EFFETS AVANCÉS

- Diminution du risque de diarrhées chez le porcelet
- Augmentation de la consommation notamment en maternité
- Augmentation de la teneur en immunoglobulines (IgG) du colostrum et meilleur maintien du taux d'IgA pendant la lactation (par les souches de Lactobacillus et Saccharomyces cerevisiae)
- Amélioration des performances techniques (GMQ, IC)
- Amélioration de la digestibilité de l'aliment et réduction de la constipation
- Conservateur de maïs grain humide
- Réduction des effets néfastes des mycotoxines notamment de la Fumonisine en association avec des enzymes



UTILISATION

Combinaison rencontrée

Avec des acides organiques (cas du vinaigre de cidre : acide acétique). L'acide aura une activité anti-microbienne dans l'estomac tandis que le probiotique stimulera la microflore intestinale.

Distribution

Aliment (de quelques centaines de g à quelques kg/T aliment)
Eau de boisson

Pulvérisation sur les tétines ou les parois de la case

Cible majoritaire

Truie en maternité et porcelet

Réglementation rencontrée

- additif zootechnique
- aliment complémentaire
- produit d'hygiène

Notes

Effet variable selon le procédé de fabrication, le stockage, les conditions de distribution et les conditions d'élevage.

Ils ne pénètrent pas la paroi intestinale, donc ils ne présentent pas de résidus dans la viande ni la nécessité de délai d'abattage.

Bibliographie

LESSARD M., ROY M., 2004. Utilisation des probiotiques chez le porc – modulateurs potentiels de la santé intestinale. Colloque sur la production porcine du CRAAQ le mardi 19 octobre 2004 à Saint-Hyacinthe.

ROSELLI M., FINAMORE A., BRITTI M.S., BOSI P., OSWALD I., MENGHERI E., 2005. Alternatives to in-feed antibiotics in pigs: Evaluation of probiotics, zinc or organic acids as protective agents for the intestinal mucosa. A comparison of in vitro and in vivo results. Animal Research, 54, 203-218.

RYCHEN G., SIMOES NUNES C., 1995. Effets des flores lactiques des produits laitiers fermentés : une base scientifique pour l'étude des probiotiques microbiens dans l'espèce porcine. INRA Productions Animales, 8, 97-104.

LES ARGILES



Les argiles sont des minéraux volcaniques naturels qui améliorent la stabilité des mélanges et leur durabilité et apportent divers minéraux. Elles sont indigestibles et sans valeur alimentaire mais possèderaient des qualités nutritionnelles. Elles amélioreraient la qualité sanitaire et/ou organoleptique des aliments.

Base	Exemples rencontrés
Les argiles sont des silicates d'alumine et de magnésium à la structure variée selon le type d'argile.	Kaolinite, sépiolite, bentonite, montmorillonite, zéolithe (clinoptilolite)
	HSCAS : aluminosilicates de sodium et de calcium hydratés

OBJECTIFS AVANCÉS

- Hygiène digestive : action favorable sur le tractus intestinal
- Sécuriser l'aliment

MÉCANISMES D'ACTIONS AVANCÉS

- **Assimilation de l'azote** au niveau intestinal grâce à la forte affinité des argiles pour l'ion ammonium NH_4^+ , notamment avec la zéolithe. Elle adsorbe l'ammoniac quand sa concentration est élevée. Elle libère ensuite plus lentement et de manière plus efficace les ions ammonium qui seront utilisés pour la synthèse des protéines et assure ainsi une meilleure assimilation.
- **Capteur de certaines toxines** : mycotoxines (essentiellement aflatoxines), toxines bactériennes ou produites par les fermentations digestives par adsorption. Ces molécules sont ensuite excrétées.
- **Ralentit le transit intestinal** grâce à l'absorption de molécules d'eau entraînant une modification de la viscosité du contenu et prolongeant l'action des enzymes et donc l'absorption des nutriments.
- **Pouvoir asséchant** : forte capacité d'absorption des liquides.

RECOMMANDATIONS

Taux d'incorporation : les argiles sont généralement incorporées à de faibles taux (0,5 à 2,5 %) et n'adsorbent pas les facteurs nutritionnels essentiels comme les acides aminés, les vitamines ou les minéraux. Des effets antinutritionnels pourraient apparaître à des taux plus élevés et diluerait de manière significative la valeur énergétique de la ration.

EFFETS AVANCÉS

- Diminution de l'occurrence de troubles intestinaux (diarrhées)
- Meilleure digestion et valorisation de l'aliment – améliore l'efficacité de la flore
- Limite l'hypertrophie de l'utérus et de la vulve chez les truies, liée à la présence de mycotoxines (notamment la zéaralénone)
- Amélioration des performances techniques (GMQ, IC)
- Amélioration de l'ambiance dans les bâtiments

UTILISATION

Combinaison rencontrée

Avec des vitamines ou oligo-éléments (cuivre...) car les argiles ne les adsorbent pas

Distribution

Aliment (de quelques centaines de g à quelques kg/T aliment)

Poudre

Cible majoritaire

Truie en maternité et porcelet

Réglementation rencontrée

- additif technologique
- prémélange d'additifs
- aliment complémentaire

Notes

Adapter l'argile à la mycotoxine visée (test effectué sur l'aflatoxine).

Les argiles ont une haute stabilité thermique.

Des taux d'incorporation supérieurs (4 à 8 %) peuvent s'appliquer temporairement en cas d'épisode diarrhéique.

Bibliographie

ALLEGRE J., 2012. Les silicates d'alumine (argiles) en thérapeutique. Une pratique coutumière ancienne relayée dans la médecine moderne. Thèse de doctorat en médecine, 48-53.

MELCION J.P., 1995. Emploi des liants pour le pressage des aliments des animaux : aspects technologiques et nutritionnels. INRA Productions Animales, 8, 83-96.



LA PHYTOTHÉRAPIE

La phytothérapie se réalise à des fins thérapeutiques ou nutritionnelles. Elle utilise des plantes entières, broyées, des extraits de plantes ou des principes actifs quels qu'ils soient et quels que soient les modes d'extraction à condition qu'ils soient naturels et qu'aucune modification par synthèse chimique ne soit intervenue.

Base	Exemples rencontrés
Plantes entières, plantes broyées, extraits de plantes	ail, cumin (officinal, des prés...), canneberge, cannelle, cassis, eucalyptus (citronné, radié...), macleaya cordée, menthe (verte, poivrée...), origan, ortie, prêle des champs, reine des prés, romarin, sauge (officinale, sclérée...), thym commun, yucca schidigera.

OBJECTIFS AVANCÉS

- Action diurétique
- Action anti-oxydante
- Action anti-bactérienne
- Action anti-inflammatoire
- Action sédative
- Confort respiratoire, oxygénation
- Stimulation de l'appétit
- Stimulation de la digestion
- Stimulation des défenses naturelles
- Stimulation de l'activité ovarienne

Soutien des fonctions naturelles dans les périodes à risques

MÉCANISMES D'ACTIONS AVANCÉS

Selon la plante considérée :

- **Stimule l'activité sécrétoire** et notamment la production d'enzymes digestives favorisant une meilleure digestion et valorisation alimentaire.
- **Lutte contre l'inflammation** en inhibant le transmetteur permettant la libération de cytokines pro-inflammatoires (protéines de l'inflammation). L'intégrité de la barrière intestinale est ainsi conservée.
- **Élimination** des effets toxiques et des pathogènes.
- **Lutte contre le stress oxydatif** en stimulant l'élimination des radicaux libres.
- **Stimule l'immunité** par la voie humorale.
- **Relance du cycle hormonal** en favorisant l'arrêt de la sécrétion de lait.
- **Action contre les protozoaires** grâce à certains phytocomposants (ex : saponines).

RECOMMANDATIONS

Association de plantes : l'association est recherchée pour un effet synergique et pour garantir la concentration de la présentation.

EFFETS AVANCÉS

- Amélioration des performances techniques (GMQ, IC)
- Hépatoprotecteur

- Lutte contre le stress et le cannibalisme
- Lutte contre les problèmes respiratoires et digestifs
- Antiparasitaire

UTILISATION

Combinaison rencontrée

Avec des huiles essentielles

Avec des probiotiques qui ont une action plus ciblée sur l'environnement intestinal

Avec des acides à visée anti-bactérienne (Gram-) et levures pour un bon développement de la flore

Avec des vitamines

Distribution

Aliment (quelques kg à quelques dizaines de kg/T aliment)

Liquide (quelques dizaines à une centaine ml/animal)

Pâtes orales

Cible majoritaire

Truie et porcelet

Réglementation rencontrée

- additif sensoriel (substances aromatiques et apéritives)
- prémélanges d'additifs
- aliment complémentaire

La liste des plantes autorisées dans les compléments alimentaires et les conditions d'emploi sont disponibles dans l'arrêté du 24 Juin 2014 du JORF n°0163.

La liste des plantes autorisées en tant que substances aromatiques et apéritives sont disponibles dans le règlement (CE) n°1831/2003 en considérant le retrait du marché de celles non renouvelées dans le règlement (UE) n°230/2013.

Notes

Les extraits d'origan ont été les plus étudiés avec des effets plus ou moins avérés sur les performances zootechniques en post-sevrage, sur la fréquence des diarrhées après le sevrage et sur la fertilité des truies.

Bibliographie

BACHELET B., 2013. Impact de la phytothérapie sur le système immunitaire. Thèse de doctorat vétérinaire, 142 pages.

LES OLIGO-ÉLÉMENTS



Les oligo-éléments sont des composés minéraux nécessaires à la vie d'un organisme en quantités très faibles (mg/kg ou ppm).

Base	Exemples rencontrés
composés minéraux	<p>Oligo-éléments organiques : chélates ou SQM (Sea Questra Min). Ils résultent de la complexation d'un métal par une molécule organique (un ou plusieurs acides aminés, polysaccharides...).</p> <p>Sélénium, cuivre, zinc, fer, manganèse sous forme de sulfates ou d'oxydes</p>

OBJECTIFS AVANCÉS

- Amélioration de la minéralisation chez les jeunes animaux
- Soutien au développement et à la reproduction
- Maîtrise de la flore pathogène au sein du tube digestif

Cuivre

- Assure le bon fonctionnement du système immunitaire
- Protection contre les stress oxydants
- Rôle antimicrobien

Zinc

- Rôle dans la plupart des fonctions biologiques de l'animal (synthèse, dégradation...)
- Rôle dans l'expression des gènes
- Stabilise la structure d'hormones peptidiques
- Stimule l'immunité
- Protection contre les stress oxydants

Sélénium

- Rôle dans la reproduction
- Stimule l'immunité
- Protection contre les stress oxydants

MÉCANISMES D'ACTIONS AVANCÉS

- Rôle dans l'activité de nombreuses enzymes
- Drainage hépatique et urinaire

Cuivre

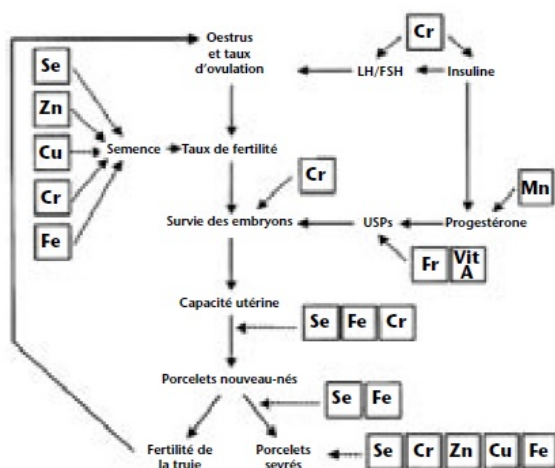
- **Lutte contre le stress oxydatif** en assurant l'activité d'enzymes comme la superoxyde dismutase
- Indispensable à la synthèse de l'hémoglobine, intervenant dans le métabolisme du fer, et **cofacteur de nombreuses enzymes d'oxydation**. Les carences sont limitées au porcelet nouveau-né jusqu'au sevrage
- **Stimulation de l'appétit**
- Nécessaire à l'**élimination des microorganismes** lors du processus de phagocytose

Zinc

- **Lutte contre le stress oxydatif** en assurant l'activité d'enzymes comme la superoxyde dismutase
- **Stimulation de l'appétit**
- **Maintien de l'intégrité de la barrière intestinale** et de la taille des villosités

Sélénium

- **Lutte contre le stress oxydatif** en assurant l'activité d'enzymes comme la glutathion peroxydase
- Aide à la contraction utérine



Rôle des oligo-éléments dans la reproduction de la truie (Close 2003)

RECOMMANDATIONS

Biodisponibilité :

- les formes chélatées (organiques) sur acides aminés ou SQM sur polysaccharides d'algues marines ou produites à partir de levures enrichies apportent de meilleurs résultats que les formes sulfatées ou oxydes qui nécessitent d'être dégradées dans le tube digestif avant d'être recombinées en chélates.
- des formes privilégiées (minéraux de forme hydroxy) réduisent les phénomènes d'oxydation et de dégradation des vitamines dans l'aliment.

Effet antagoniste :

- le zinc, à des taux élevés, peut altérer la disponibilité du cuivre.
- les phytates sont le principal antagoniste du zinc. L'apport de phytase microbienne permet d'améliorer la disponibilité du zinc.

Taux d'incorporation : un apport excessif d'oligo-éléments peut être toxique pour l'organisme.

EFFETS AVANCÉS

Cuivre

- Amélioration de la croissance du porcelet
- Diminution du nombre de leucocytes en cas de carence

Zinc

- Réduction des troubles digestifs en post-sevrage
- Amélioration de la croissance du porcelet
- Augmentation du nombre de monocytes

Sélénium

- Réduction du nombre de morts-nés
- Enrichissement du colostrum et du lait en sélénium
- Vigueur accrue du porcelet
- Amélioration de la fertilité et augmentation du taux de fertilisation des oocytes et du nombre d'embryons in utero

UTILISATION

Combinaison rencontrée

Avec des vitamines comme la vitamine E dans le cas du sélénium

Avec des extraits de plantes ou extraits marins

Distribution

Aliment (quelques centaines de g/T aliment)

Poudre

Cible majoritaire

Porcelet

Réglementation rencontrée

- additif zootechnique
- additif nutritionnel
- aliment complémentaire

Notes

Des résistances à certains oligo-éléments comme le zinc peuvent apparaître chez les bactéries.

Une attention particulière doit être accordée aux éléments ayant un impact sur l'environnement (ex : phosphore, cuivre, zinc). Des taux d'incorporation maximum sont fixés par la réglementation.

Le cuivre et le zinc ont des effets reconnus sur les performances de croissance. Cependant les doses efficaces sont supérieures au strict besoin de l'animal et peuvent poser problème d'un point de vue environnemental. Par exemple, les besoins nutritionnels en Cu du porc sont inférieurs à 10 mg/kg d'aliment. Or il est incorporé jusqu'à 170 mg/kg d'aliment en post-sevrage pour ses propriétés de facteur de croissance. L'apport de formes plus biodisponibles permettrait de réduire la pollution métallique des sols.

Bibliographie

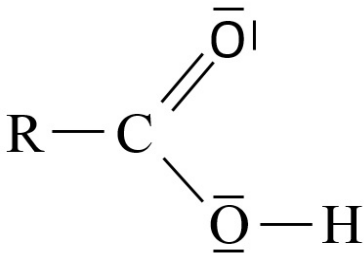
CLOSE, 2003. Trace mineral nutrition of pigs revisited: meeting production and environmental objectives. Recent Advances in Animal Nutrition in Australia, 14.

JONDREVILLE C., REY P.S., JAFFREZIC A., DOURMAD J.Y., 2002. Le cuivre dans l'alimentation du porc : oligo-élément essentiel, facteur de croissance et risque potentiel pour l'Homme et l'environnement. INRA Productions Animales, 15, 247-265.

REY P.S., JONDREVILLE C., DOURMAD J.Y., NYS Y., 2003. Le zinc dans l'alimentation du porc : oligo-élément essentiel et risque potentiel pour l'environnement. INRA Productions Animales, 16, 3-18.

ROSELLI M., FINAMORE A., BRITTI M.S., BOSI P., OSWALD I., MENGHERI E., 2005. Alternatives to in-feed antibiotics in pigs: Evaluation of probiotics, zinc or organic acids as protective agents for the intestinal mucosa. A comparison of in vitro and in vivo results. Animal Research, 54, 203-218.

LES ACIDIFIANTS



Les acidifiants sont des produits composés d'un ou plusieurs acides organiques et/ou de leurs sels capables de libérer des ions hydrogène (H+) et des anions ayant un caractère basique (RCOO-). Leur utilisation diminue le pH stomacal pour permettre le bon fonctionnement enzymatique et ainsi favoriser la digestion. Leur action en phase intestinale assure le développement d'une flore bactérienne bénéfique dans le tube digestif (type Lactobacilles).

Base	Exemples rencontrés
acides organiques et leurs sels	Acides organiques : formique, acétique, lactique, propionique, butyrique, benzoïque, fumarique, citrique
	Sels d'acides organiques : formiate de calcium, formiate de sodium, formiate d'ammonium, propionate d'ammonium, propionate de calcium, propionate de sodium, diformiate de potassium

OBJECTIFS AVANCÉS

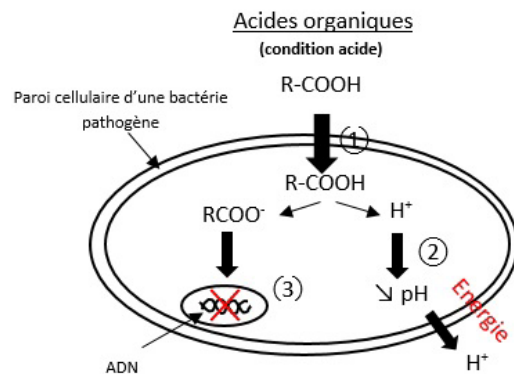
- Conservateur
- Régulateur de flore
- Appétence
- Acidifiant urinaire

MÉCANISMES D'ACTIONS AVANCÉS

- **Acidification du contenu stomacal** : un pH de 2-4 optimise l'activité des protéases. Le pouvoir tampon de l'aliment s'oppose à la variation d'acidité du tube digestif et remonte le pH d'où la nécessité d'acidifier l'aliment afin de diminuer le pH stomacal.
- **Action antifongique** : l'apport de certains acides organiques permet de décontaminer l'aliment ou l'eau de boisson. L'acide organique peut inhiber la croissance des moisissures et prévenir la formation de mycotoxines. Ils n'ont cependant aucun effet direct sur les mycotoxines déjà présentes dans les céréales au champ.

- **Action antibactérienne** : spécifique de l'acide organique considéré notamment grâce à l'efficacité de leur anion présent. L'acide organique dans l'intestin évite la colonisation des parois intestinales par les bactéries pathogènes Gram- (Escherichia coli, salmonelles...) provoquant des inflammations et nuisant à l'assimilation des nutriments et des minéraux. L'utilisation d'acide organique, comme l'acide formique, contribue à éliminer le biofilm des canalisations.
- **Développement de la flore intestinale** : développement des bactéries type Lactobacillus (l'acide lactique favorise la flore acidophile) qui sont bénéfiques pour la flore intestinale.

Mode d'action des acides organiques sur une cellule bactérienne



- ① L'acide organique pénètre dans la cellule, seuls les acides organiques non dissociés pénètrent.
- ② L'acide organique libère des ions H⁺ qui acidifient le contenu cellulaire. La bactérie utilise alors de l'énergie afin de remonter le pH.
- ③ Le radical RCOO⁻ perturbe la réplication de l'ADN dans la cellule.

Actions différenciées des acides organiques

Acides	Levures	Champignons	Bactéries Gram+	Bactéries Gram-
Formique	++	++	+	+++
Acétique	+++	+	++	-
Propionique	++	+++	++	+/-
Lactique	-	-	---	+++
Sorbique	+++	+++	+++	++
Benzoïque	++	-	+	+++

- **Activation des enzymes** de dégradation des protéines. L'acidifiant favorise la dégradation des matières azotées, tant que le porcelet ne peut y arriver seul. Les sécrétions d'acide par le porcelet ne sont suffisantes qu'à partir de 7 à 10 semaines d'âge. Le porcelet au sevrage ne sécrète pas suffisamment d'acide chlorhydrique stomacal responsable d'une digestion médiocre des protéines. Cela favorise le développement d'une flore pathogène dans l'intestin et un risque de diarrhées. L'ajout d'acides organiques comme l'acide formique réduit la formation d'ammoniac dans l'estomac. Davantage d'acides aminés seront disponibles pour l'absorption dans l'intestin. Une meilleure disponibilité de l'énergie sera assurée.
- **Facteur d'équilibre de flore intestinale** : les acides gras volatils à chaîne courte tel que l'acide butyrique ou propionique favorisent la croissance des cellules épithéliales et leur surface d'absorption permettant une meilleure digestion des nutriments dans l'intestin grêle.
- **Réduction des émissions d'ammoniac** : l'acide benzoïque est transformé en acide hippurique dans le foie utilisant l'azote en excès qui sera ensuite éliminé via les urines. La production d'urée est réduite ainsi que le pH urinaire réduisant les émissions d'ammoniac.

RECOMMANDATIONS

Neutralisation : prendre en compte le pouvoir tampon de l'aliment qui s'oppose à la variation de pH en liant et neutralisant les acides organiques (pouvant ainsi favoriser le développement de colibacilles et de flores pathogènes).

Forme de l'acide : les sels ont une efficacité différée car ils doivent d'abord se dissocier en milieu humide pour libérer l'acide organique. Une protection par enrobage, par exemple à l'aide de cires, permet de garantir l'action de l'acide organique jusqu'au tube digestif.

EFFETS AVANCÉS

- Amélioration des performances techniques (GMQ, IC)
- Amélioration de l'ingestion et de la digestibilité de l'aliment
- Prévention des troubles intestinaux par l'hygiénisation de l'aliment et de l'eau d'abreuvement
- Diminution de la contamination urinaire par une meilleure élimination et réduction des émissions d'ammoniac

UTILISATION

Combinaison rencontrée

Avec des huiles essentielles qui vont perturber l'étanchéité de la paroi bactérienne et la rendre poreuse permettant l'entrée de l'acide organique et des anions. La fonction régulatrice de flore par l'action antimicrobienne (colibacilles, salmonelles, entérobactéries...) est alors amplifiée.

Attention au dosage de l'acide organique pour ne pas avoir une action contraire aux autres acides éventuellement présents.

Distribution

Incorporation dans l'aliment sous forme liquide ou de poudre (quelques kg/T aliment)

Eau de boisson

Cible majoritaire

Porcelet et porc en croissance

Réglementation rencontrée

- additif technologique
- prémélange d'additifs
- aliment complémentaire

Notes

En pratique, ce sont généralement des mélanges d'acides organiques qui sont incorporés dans l'aliment.

Les acides organiques sous forme liquide doivent être manipulés avec précaution et le port obligatoire de gants et de lunettes.

Si l'acide est incorporé via l'eau de boisson, la pompe doseuse doit être adaptée pour pouvoir résister à l'acidité et être munie de clapets anti-retour. Préférer le plastique aux canalisations en acier galvanisées. Attention à l'obstruction des pipettes et abreuvoirs due au décollement du biofilm lors de la réalisation de purges des circuits pour éviter tout blocage.

Les acides minéraux (phosphoriques) ne sont pas efficaces.

Bibliographie

ROSELLI M., FINAMORE A., BRITTI M.S., BOSI P., OSWALD I., MENGHERI E., 2005. Alternatives to in-feed antibiotics in pigs: Evaluation of probiotics, zinc or organic acids as protective agents for the intestinal mucosa. A comparison of in vitro and in vivo results. *Animal Research*, 54, 203-218.

LES VITAMINES

Les vitamines sont des substances organiques, sans valeur énergétique, indispensables au bon fonctionnement de l'organisme, à l'assimilation et à l'utilisation des nutriments. L'animal ne peut généralement pas en effectuer la synthèse en quantité suffisante.



Bas	Exemples rencontrés
les vitamines doivent être apportées par l'aliment. Elles sont hydrosolubles (solubles dans l'eau) ou liposolubles (solubles dans les graisses).	Vitamine E, vitamines du groupe B (B9, B12...), vitamine D, vitamine C, vitamines A-D3-E, bétaïne

OBJECTIFS AVANCÉS

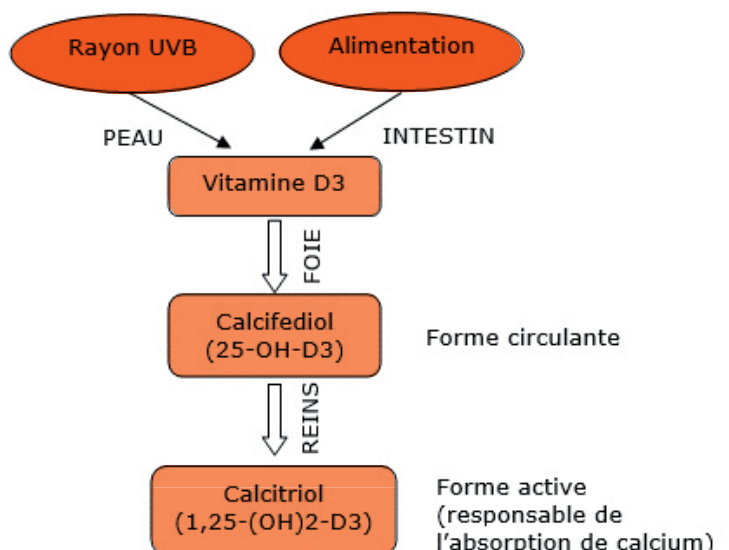
- Stimule la vigueur du porcelet
- Stimule l'immunité
- Stimule la reproduction

MÉCANISMES D'ACTIONS AVANCÉS

- La vitamine D est impliquée dans la **régulation du métabolisme phosphocalcique** et améliore l'absorption du calcium et du phosphore. Le calcium joue un rôle dans l'immunité (fonctionnement des cellules du système immunitaire) et la différenciation cellulaire (augmente le nombre et la taille des fibres musculaires). L'apport de la forme circulante de la vitamine D améliore l'assimilation et la résorption intestinale et apporte plus de calcium assimilable directement.
- **Augmentation des immunoglobulines (IgG) et du lysozyme** dans le plasma. Le lysozyme est une enzyme, dite hydrolase acide, sécrétée par les granulocytes et les monocytes capable de couper les mono-polysaccharides des parois bactériennes et faciliter l'attaque par le système du complément. La capacité de phagocytose ainsi que le nombre de leucocytes sont augmentés.

- **Propriétés anti-oxydantes** (ex : vitamine E)
- La bétaïne est un triméthyl dérivé de la glycine. Elle est présente en grande quantité dans la betterave sucrière. Elle possède un **rôle osmotique** (facilite la rétention d'eau, réduit la dépense énergétique, permet de résister aux températures élevées) et de **donneur de méthyl** (intervenant dans les réactions du métabolisme et sur la reproduction).
- L'acide folique ou vitamine B9 joue sur **la ponte folliculaire, l'accroche des ampoules et prépare la venue en chaleur** (la vitamine A intervient également sur le **développement embryonnaire**).
- Les vitamines E (liposoluble) et C (hydrosoluble) sont impliquées dans la **lutte contre le stress oxydatif**.
- La vitamine A est impliquée dans le **contrôle de l'expression des gènes**.
- Les vitamines B12 et B9 sont impliquées dans les **performances de reproduction**.

Exemple du métabolisme de la vitamine D



RECOMMANDATIONS

Taux d'incorporation : un apport excessif de vitamines liposolubles peut être toxique pour l'organisme.

EFFETS AVANCÉS

- Amélioration de la réponse immunitaire
- Amélioration de l'homogénéité des porcelets à la naissance
- Amélioration de la minéralisation osseuse et prévention de l'ostéochondrose
- Diminution de la résorption osseuse pendant la lactation
- Amélioration de la tonicité utérine à la mise bas et diminution du nombre de morts-nés
- Amélioration de la fertilité

UTILISATION

Combinaison rencontrée

- Avec des enzymes
- Avec des probiotiques
- Avec des acidifiants
- Avec des huiles essentielles

Distribution

- Pâtes orales
- Poudre

Cible majoritaire

- Truie

Réglementation rencontrée

- additif nutritionnel
- aliment complémentaire

Notes

La stimulation du système immunitaire a un coût métabolique

Les vitamines A et E, la biotine et la choline représentent les vitamines les plus coûteuses. Les niveaux d'incorporation doivent donc être raisonnés ou envisagés sous forme de cures dans un objectif nutritionnel précis.

Bibliographie

AUROUSSEAU B., DURAND D., GRUFFAT D., 2004. Contrôle des phénomènes oxydatifs pendant la gestation chez les monogastriques et les ruminants. INRA Productions Animales, 17, 339-354.



LES HUILES ESSENTIELLES



« Produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, soit par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'huile essentielle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition » (Pharmacopée Européenne, 7^{ème} édition).

Base	Exemples rencontrés
utilise un ou plusieurs principes actifs de la plante	Phénols : le thymol, le carvacrol Alcool : le menthol Ethers : l'eucalyptol ou cinéol Carbures : pinène, sabinène, le limonène

OBJECTIFS AVANCÉS

- Protection de la muqueuse intestinale
- Régulateur de flore
- Soutien à l'immunité
- Stimulation du porcelet

Renforcer et stimuler les défenses naturelles présentes dans chaque organisme.

Certaines visent la prévention de la maladie et les effets préjudiciables du stress.

MÉCANISMES D'ACTIONS AVANCÉS

Selon l'huile essentielle concernée :

- **Action anti-bactérienne** en perméabilisant la paroi des bactéries pathogènes, des champignons et des levures. Cette propriété est permise par le caractère lipophile des constituants des huiles essentielles.
- **Action bactériostatique** qui inhibe la croissance et la multiplication de la bactérie (surtout Gram+)
- **Propriétés antispasmodiques et sédatives**
- **Stimule la sécrétion d'enzymes endogènes** favorisant la digestibilité
- **Propriétés acidifiantes et anti-oxydantes**
- **Action antiparasitaire** : effet délétère sur des parasites digestifs

Exemple : L'huile essentielle de Yucca contient des saponines et améliore l'implantation des bactéries bénéfiques (Lactobacillus et Bifidobacterium). Il agit comme un antibactérien contre les bactéries pathogènes grâce à sa forme nucléique stéroïdale (cyclique). Action sur le système immunitaire.

RECOMMANDATIONS

Identification : l'activité de l'huile essentielle ne doit pas être confondue avec celle de la plante dont elle est issue. Par exemple, l'huile essentielle de romarin est antibactérienne tandis que les infusions de romarin sont utilisées pour traiter des troubles digestifs sur la base de propriétés antispasmodiques. Certaines plantes utilisées en phytothérapie peuvent être interdites en huiles essentielles (ex : la sauge officinale).

Activité : le pouvoir antimicrobien des huiles essentielles peut-être testé par un aromatogramme. Celui-ci propose plusieurs groupes d'essences selon que leur activité antimicrobienne est orientée plus sur un germe (origan, thym, sarriette) ou sur les modifications du milieu (camomille, fenouil). Leur association peut être intéressante. Le produit peut être soumis à la législation du médicament.

Dosage : à dose élevée, certaines huiles essentielles peuvent être toxiques pour l'organisme et elles doivent être utilisées non pas pures mais diluées.

Forme : des procédés d'encapsulation peuvent être rencontrés lorsque les huiles essentielles sont intégrées à l'aliment pour garantir leur stabilité.

EFFETS AVANCÉS

- Lutte contre les problèmes digestifs
- Lutte contre les problèmes respiratoires
- Stimulation de l'appétit
- Vermifugation

UTILISATION

Combinaison rencontrée

Avec des acidifiants : améliore l'effet de l'acidifiant en facilitant son entrée dans la bactérie.

Avec des probiotiques pour une gestion de l'hygiène digestive

Avec de la phytothérapie et des oligo-éléments

Distribution

Aliment (quelques kg/T aliment)

Liquide (quelques ml/animal)

Eau de boisson

Pâtes orales

Cible majoritaire

Truie et porcelet



Réglementation rencontrée

- aliment complémentaire
- additif sensoriel
- prémélanges d'additifs

La liste des substances pharmacologiquement actives autorisées (comprenant des huiles essentielles) ainsi que leur classification en ce qui concerne les L.M.R dans les aliments sont disponibles dans le règlement (UE) n° 37/2010 de la commission du 22 décembre 2009.

La liste des huiles essentielles autorisées en tant que substances aromatiques et apéritives sont disponibles dans le règlement (CE) n°1831/2003 en considérant le retrait du marché de celles non renouvelées dans le règlement (UE) n°230/2013.

Notes

Les huiles essentielles doivent avoir une garantie d'origine botanique, une certitude sur la préparation, la composition et la pureté. Les principes actifs contenus dans l'huile essentielle sont très variables selon les conditions agronomiques [origine géographique, climat...], physiologiques [âge, organe de la plante utilisé...], les traitements après récolte [séchage...] et les conditions d'extraction [température...].

Il faut distinguer les huiles essentielles des molécules issues de la chimie de synthèse, produits aromatiques plus puissants dont la toxicité et l'innocuité sont moins connues et répertoriées.

Bibliographie

GABRIEL I., ALLEMAN F., DUFOURCQ V., PERRIN F., GABARROU J.-F., 2013. Utilisation des huiles essentielles en alimentation des volailles. 2. Hypothèses sur les modes d'action impliqués dans les effets observés. INRA Productions animales, 26, 13-24.

GROSMOND G., 2012. Santé animale et solutions alternatives. Ouvrage, éditions France Agricole, 270 pages.

LES PRÉBIOTIQUES



Les prébiotiques sont des substrats nutritifs des souches bactériennes bénéfiques qui leur permettent de se multiplier et de se maintenir au niveau de l'intestin.

Base	Exemples rencontrés
Ce sont des sucres complexes (oligosaccharides) aux modes d'action très spécifiques.	parois de levures, MOS (Mannan-oligosaccharides), fractions pariétales, FOS (Fructo Oligo-Saccharides), dérivés de levures

OBJECTIFS AVANCÉS

- Capteurs de mycotoxines
- Amélioration de l'immunité
- Maintien de « l'effet de barrière »

MÉCANISMES D'ACTIONS AVANCÉS

- **Éléments nutritifs de la flore** : ils ne sont pas hydrolysés au niveau de l'intestin du porc car celui-ci est dépourvu des enzymes nécessaires. Ils sortent indemnes de l'estomac et du début de l'intestin grêle. Ils sont alors des substrats pour les fermentations bactériennes dans les portions distales du tube digestif. Les métabolites nourrissent la flore intestinale bénéfique du tube digestif, les bactéries défavorables ne possédant pas l'équipement enzymatique adéquat pour les utiliser. Les fermentations successives produisent des acides gras volatils à chaîne courte (acide acétique, acide propionique, acide butyrique) qui acidifient le milieu intestinal et empêchent le développement des bactéries pathogènes (colibacilles, salmonelles, clostridies).
- **Adhésion et élimination** : ils adhèrent aux bactéries pathogènes (type colibacilles) et les font ressortir par effet « chasse d'eau ». Les bactéries pathogènes possèdent des glycoprotéines spécifiques (les lectines) capables de reconnaître certains glucides présents à la surface des cellules muco-sales qui bordent l'intestin. Les lectines se fixent alors préférentiellement au mannose des chaînes d'oligosaccharides et ne s'implantent plus dans l'intestin. Les bactéries et plus particulièrement les entérobactéries sont neutralisées et éliminées dans les déjections.
- **Captation des toxines** : la paroi capterait les toxines (efficace sur la Zéaralénone grâce à la présence de bêta-glucanes insolubles).
- **Réduction de la concentration en ammoniac**

RECOMMANDATIONS

Taux d'incorporation : certains prébiotiques comme les alpha-galacto-oligosaccharides peuvent être des facteurs antinutritionnels s'ils sont incorporés à des niveaux trop élevés.

EFFETS AVANCÉS

- Limite l'hypertrophie des utérus et des vulves chez les truies liés à la présence de mycotoxines

- Prévient l'apparition de diarrhées
- Améliore la qualité du lait
- Réduction du risque de stéatose hépatique et stimule le drainage
- Amélioration des performances (GMQ, IC)

UTILISATION

Combinaison rencontrée

avec des probiotiques

Distribution

Aliment (quelques kg/T aliment)

Poudre

Cible majoritaire

Truie en maternité et porcelet

Réglementation rencontrée

- matière première
- supplément nutritionnel

Notes

Résistant à la température

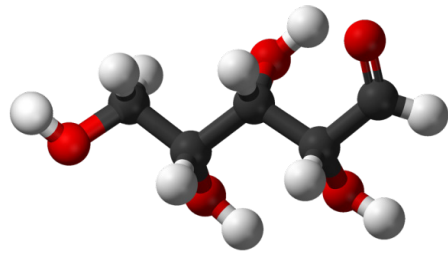
Les MOS sont des coproduits de microorganismes et ne sont donc pas considérés comme matière première. Les FOS sont les seuls ingrédients autorisés à se prévaloir d'allégation nutritionnelles.

Bibliographie

GIBSON G.R., PROBERT H.M., VAN LOO J., RASTALL R.A., ROBERFROID M.B., 2004. Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. *Nutrition Research Review*, 17, 259-275.

HADJEBA-MEDJDOUB K., 2012. Risque de multi-contaminations en mycotoxines et moyens de désactivation par les parois de levures et levures enrichies en glutathion ou sélénométhionine. Thèse de doctorat de l'université de Toulouse, 328 pages.

LES ENZYMES



Les enzymes découpent les nutriments issus des aliments ingérés en petites molécules pour permettre à l'animal de les assimiler. Ce sont des protéines possédant une activité catalytique dissociant les molécules des matières premières les rendant ainsi aptes à d'autres réactions chimiques ou métaboliques.

Base	Exemples rencontrés
protéine (peptidase, protéase...)	phytase, xylanase, glucanase...

OBJECTIFS AVANCÉS

- Elimination de la toxicité
- Absorption du phosphore
- Conservateur
- Pallie le déficit enzymatique chez le jeune porcelet

MÉCANISMES D'ACTIONS AVANCÉS

- **Amélioration de la circulation et de l'absorption des nutriments.** La digestibilité des polysaccharides amyliques est améliorée (coupe les parois pour libérer l'amidon). Les fibres alimentaires ne peuvent pas être digérées. Par exemple, l'animal est incapable d'hydrolyser les polysaccharides non amyliques qui ont une forte capacité de rétention d'eau et sont responsables de la viscosité du contenu digestif et entravent la digestion des nutriments en limitant leur accessibilité aux enzymes digestives. L'ajout de polysaccharidases, enzymes présentes en trop faible quantité chez le porcelet (amylase, protéase) ou non sécrétée (glucanase, xylanase) permettent d'améliorer la disponibilité des substrats.
- **Modification du microbiote :** elles améliorent la disponibilité des substrats pour la population bactérienne et réduisent leur disponibilité pour la fermentation par les bactéries pathogènes du gros intestin. La diminution de la viscosité de l'intestin modifie également les conditions d'adhésion des bactéries aux tissus intestinaux.
- **Réduction de la présence de facteurs antinutritionnels.** Il existe des constituants non digestibles par l'animal présents dans les aliments appelés facteurs antinutritionnels. Par exemple, une grande partie du phosphore ingéré est indisponible sous forme de phytate. L'ajout de phytase, insuffisamment présente dans l'organisme, permet de mieux valoriser le phosphore phytique des végétaux. La phytase permet l'absorption du phosphore et la libération de myo-inositol qui augmente la performance des animaux.
- Les enzymes peuvent avoir une **action anti-mycotoxine.** La voie enzymatique modifie la structure chimique de la mycotoxine. Une enzyme est alors spécifique à une mycotoxine.
- **Diminution rapide du pH** pour limiter la fermentation de l'aliment.

RECOMMANDATIONS

Effet antagoniste : respecter les dosages

EFFETS AVANCÉS

- Amélioration des performances techniques (GMQ, IC)
- Réduction des troubles intestinaux
- Amélioration de la digestibilité
- Réduction des rejets de phosphore

UTILISATION

Combinaison rencontrée

- Avec des vitamines
- Avec des probiotiques
- Avec des acidifiants
- Avec des huiles essentielles

Distribution

Aliment / Poudre

Cible majoritaire

Porcelet et porc charcutier

Réglementation rencontrée

- additif zootechnique

Notes

Les enzymes sont sensibles à la chaleur

Bibliographie

BECKERS Y., PIRON F., 2009. Utilisation des enzymes exogènes en alimentation porcine et avicole. 9ème Journée Productions porcines et avicoles, p 45-53.

LES ALGUES

Les algues sont des êtres vivants capables de photosynthèse dont le cycle de vie se déroule généralement en milieu aquatique.



Base	Exemples rencontrés
algues vertes, rouges, brunes, bleues	Ulva sp., Solieria chordalis

OBJECTIFS AVANCÉS

- Reproduction, amélioration de la fertilité
- Amélioration de l'immunité
- Renforcement des apports d'énergie
- Sécurisation de l'aliment

MÉCANISMES D'ACTIONS AVANCÉS

- **Action sur le processus hormonal** : apport d'acides gras qui sont des précurseurs de neurotransmetteurs qui facilitent la mise en route du processus hormonal.
- **Soutien de l'immunité** en apportant du magnésium et du potassium.
- **Prévention du risque mycotoxines** (en association avec des argiles).
- Les algues sont sources de principes actifs essentiellement sous forme de polysaccharides sulfatés (selon les fractions sélectionnées, les molécules **ont des propriétés immunomodulatrices, anti-oxydantes, anti-hyperlipidémiques ou stimulatrices de la sécrétion de mucines** permettant de renforcer la paroi intestinale).
- Les algues sont sources d'ions métalliques variés (fer, zinc, cuivre...) qui **renforcent l'efficacité enzymatique** en activant les enzymes.
- **Enrichissement du lait en oméga 3** qui favorise le développement du système nerveux du porcelet.

EFFETS AVANCÉS

- Amélioration de la qualité du colostrum
- Réduction de l'hétérogénéité des porcelets
- Réduction des problèmes de boiterie
- Amélioration de l'efficacité digestive
- Protection hépatique et activité diurétique

UTILISATION

Combinaison rencontrée

Avec des vitamines et/ou oligo-éléments

Avec des argiles pour révéler les qualités de certains principes actifs issus des algues

Distribution

Liquide/Emulsion

Poudre

Aliment (quelques kg/T aliment)

Cible majoritaire

Truie

Réglementation rencontrée

- matière première
- aliment complémentaire
- prémélanges d'additifs

Notes

Les algues (ex : l'algue brune *Macrocystis pyrifera*) servent à la fabrication d'oligo-éléments complexés appelés SQM.

L'intérêt nutritionnel des algues réside dans la présence conjointe de minéraux, de fibres, de protéines, de vitamines et de lipides.

Bibliographie

BERRI M., SLUGOCKI C., OLIVIER M., HELLOIN E., JACQUES I., SALMON H., DEMAIS H., LE GOFF M., COLLEN P.N., 2016. Marine sulfated polysaccharides extract of *Ulva armoricana* green algae exhibits an antimicrobial activity and stimulates cytokine expression by intestinal epithelial cells. *Journal of Applied Phycology*, 1-10.



L'HOMÉOPATHIE

Médecine globale, curative ou préventive, reposant sur la loi de similitude : « toute substance susceptible expérimentalement de provoquer chez un individu sain et sensible une série de symptômes est capable cliniquement de guérir un malade présentant les mêmes symptômes ».

Base	Exemples rencontrés
Expression du principe actif des substances contenues dans des extraits minéraux, végétaux ou animaux	Extrait de plantes : arnica, belladonna, calendula, rumex... Extrait d'animaux : apis mellifica (abeille)...

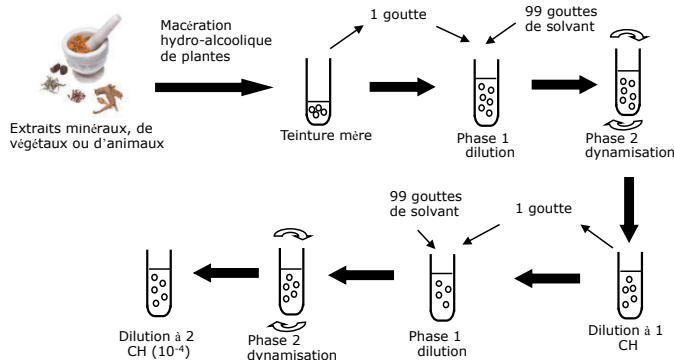
OBJECTIFS AVANCÉS

- Stimule l'immunité
- Accompagne les changements physiologiques notamment la mise-bas et le sevrage
- Lutte contre l'inflammation
- Anti-douleur
- Action diurétique

MÉCANISMES D'ACTIONS AVANCÉS

- L'obtention d'un médicament homéopathique passe par l'obtention d'une teinture mère suivie de plusieurs phases de **dilution puis dynamisation** afin de produire des chocs et révéler les qualités thérapeutiques du remède.

Principe d'obtention d'un médicament homéopathique



- A partir de 12 CH (10^{-24}), il n'est plus possible de retrouver de molécules chimiques mais le principe repose sur **un phénomène d'imprégnation ou « mémoire de l'eau »**.
- L'activité de l'organisme engendre une libération de toxines qu'il lui faudra éliminer. L'homéopathie viserait à améliorer la capacité de l'organisme à **éliminer ces toxines et contribuerait au renforcement des défenses**.

RECOMMANDATIONS

Apport régulier : le traitement nécessite d'être répété régulièrement et doit intervenir le plus précocement possible.

Observation : la mise en place se base majoritairement sur l'observation. Il est nécessaire de prendre en compte les symptômes et comportements propres à chaque individu (approche holistique). Même si le principe se base sur l'individu, l'homéopathie pourrait s'étendre au groupe si les symptômes sont répétés et ont la même origine.

Retour à l'homéostasie : les solutions sont efficaces contre les maladies dites « réversibles ».

Délai d'action : la réponse à l'homéopathie peut nécessiter du temps, d'autant plus si l'intervention est tardive.

EFFETS AVANCÉS

- Réduction des conséquences des passages viraux respiratoires (toux...)
- Réduction du cannibalisme
- Réduction des congestions mammaires
- Aide aux contractions et à la récupération après mise-bas
- Favorise la récupération suite à des traumatismes

UTILISATION

Combinaison rencontrée

Avec des acides organiques (cas du vinaigre de cidre : acide acétique). L'acide aura une activité anti-microbienne tandis que le probiotique stimulera la microflore intestinale.

Distribution

Liquide (quelques ml par animal)

Eau de boisson

Cible majoritaire

Truie, porcelet au sevrage et porc en croissance

Réglementation rencontrée

- médicament vétérinaire

Notes

Les produits homéopathiques disposant d'un dossier d'Autorisation de Mise sur le Marché (dits spécialités) ne sont pas soumis à prescription obligatoire par un vétérinaire.

Possibilité de fabrication de préparations magistrales par le vétérinaire (à partir de matières médicales utilisées en humaine ou de produits disposant d'un RCP).

A partir de 3 CH (10^{-6}), il n'y a plus de résidus donc le délai d'attente est nul.

Bibliographie

BIHL Valentine, 2013. Perception de l'homéopathie en médecine vétérinaire. Thèse de doctorat vétérinaire, 66 pages.

Contacts

→ **Thomas LEMOINE**,
thomas.lemoine@bretagne.chambagri.fr

→ **Catherine CALVAR**,
catherine.calvar@bretagne.chambagri.fr

→ **Aude DUBOIS**
aude.dubois@pl.chambagri.fr

Pour plus de détail sur l'étude, reportez-vous au document suivant :

Les produits alternatifs en production porcine : état des lieux. Rapport d'étude.
Chambres d'agriculture de Bretagne
14 pages, Septembre 2016.



Cette étude a bénéficié du soutien financier du Compte d'Affectation Spéciale pour le Développement Agricole et Rural, du Conseil Régional de Bretagne et du Comité Régional Porcin breton