



7^{èmes} Rencontres du RMT Quasaprove
« Recherche appliquée, Formation & Transfert »

Principes et outils de gestion intégrée des risques d'infestation des stocks de grains

Francis Fleurat-Lessard

Insecto-Net IAA micro-entreprise : diagnostic et audits externes



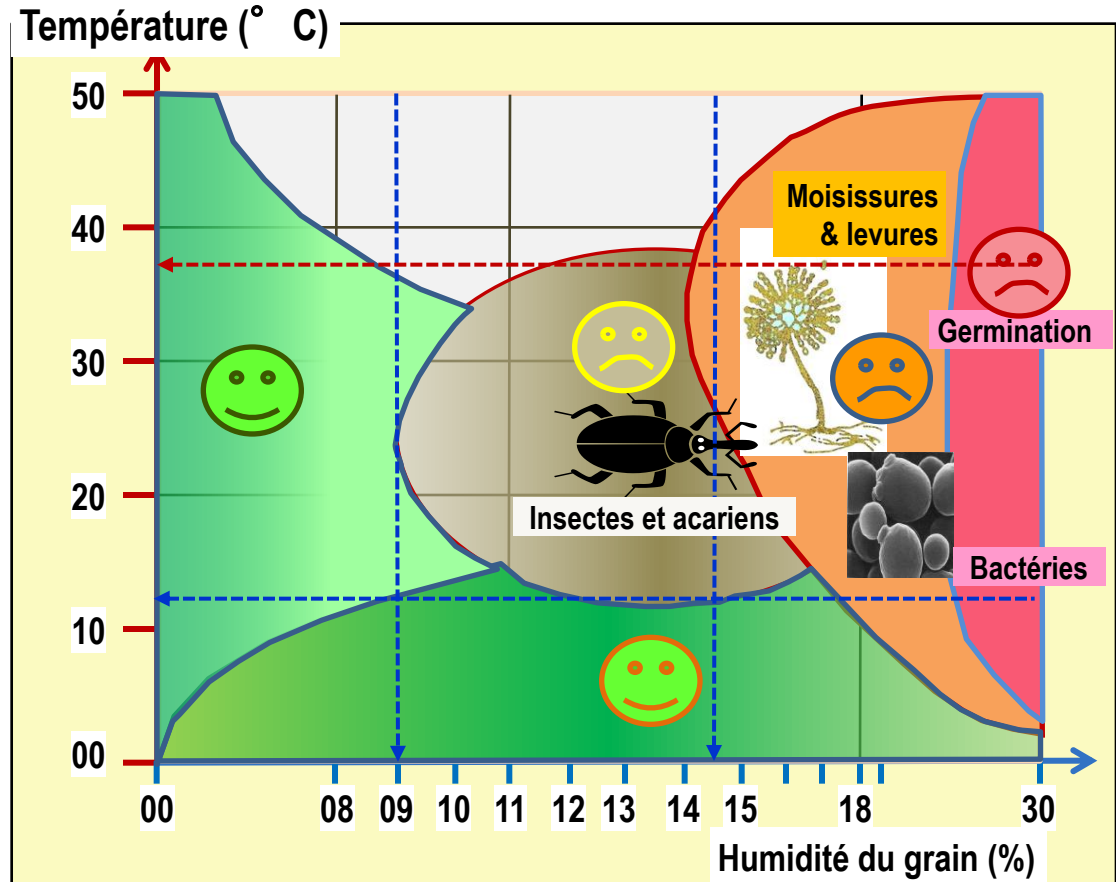
Les insectes : 1^{er} facteur de risque de détérioration pendant le stockage à long terme



Diagramme des limites de température et d'humidité du grain favorisant la détérioration des lots conservés à long terme

Cas des céréales stockées en vrac

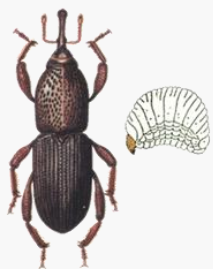
(ce diagramme ne s'applique pas aux oléagineux)





Les insectes : 1^{er} facteur de risque de détérioration pendant le stockage à long terme

Ravageurs « primaires » se développant à l'intérieur du grain avant l'émergence au stade adulte



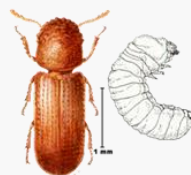
Sitophilus granarius
charançon des grains



Sitophilus oryzae
charançon du riz



Sitophilus zeamais
charançon du maïs



Rhizopertha dominica
capucin des grains



Sitotroga cerealella
alucite des céréales

Espèces secondaires qui grignotent les grains à l'extérieur (au stade d'adulte et de larve)



Tribolium castaneum
Tribolium roux



Stegobium paniceum
vrillette du pain



Oryzaephilus surinamensis
« silvain »

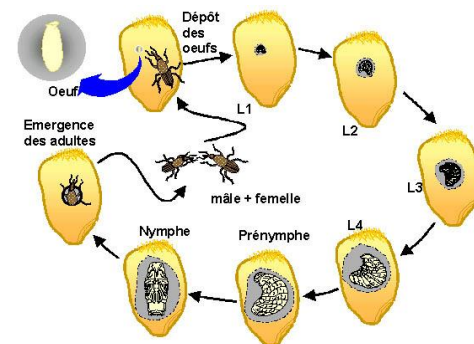


Cryptolestes ferrugineus
petit silvain plat

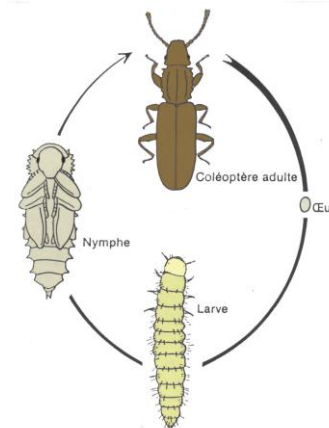


Plodia interpunctella
teigne des fruits secs

Cycle à formes « cachées »



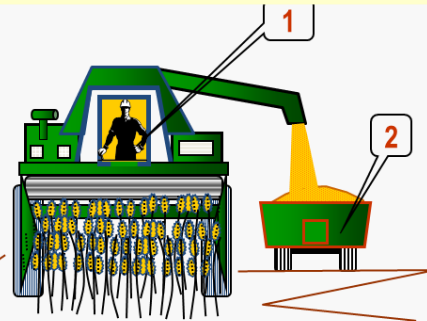
Cycle à formes « libres »



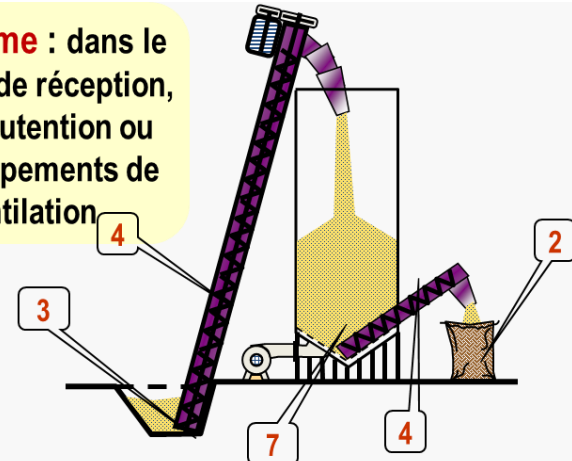


Quelle est l'origine des insectes infestant les stocks de céréales ? Ils ne viennent pas des champs !

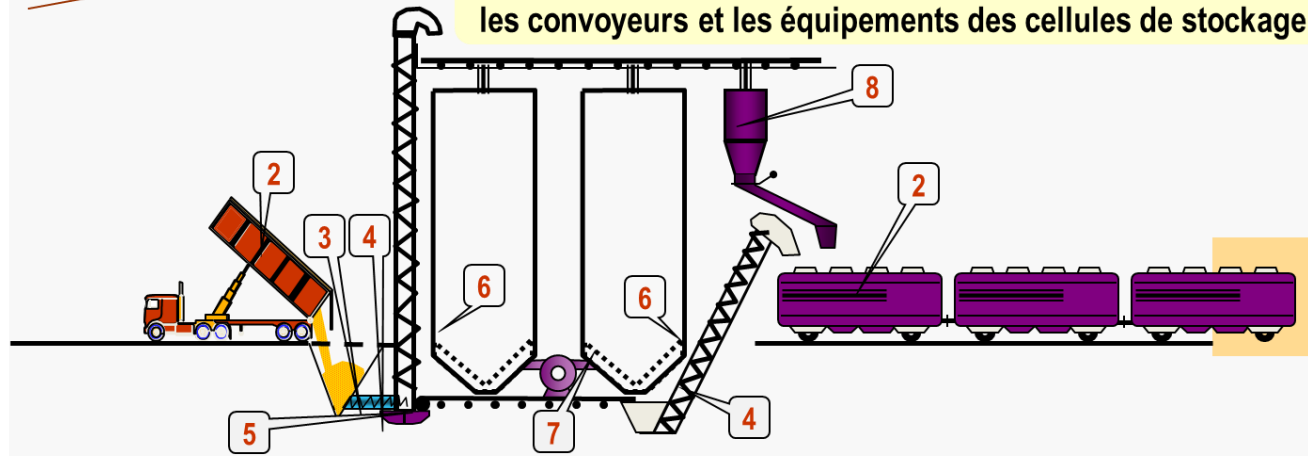
Au champ : dans le matériel de récolte et de transport au silo)



À la ferme : dans le matériel de réception, de manutention ou les équipements de ventilation



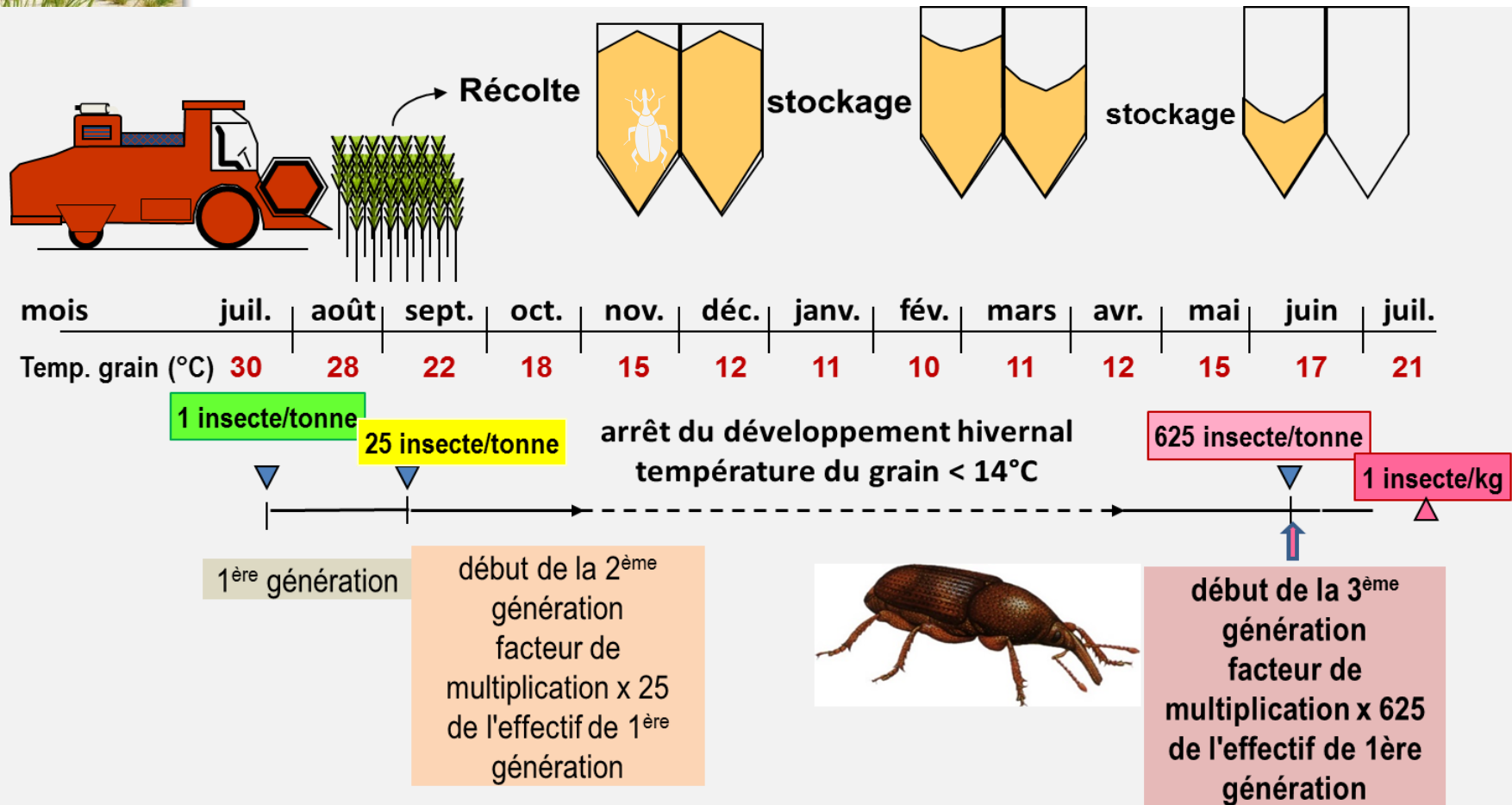
En organisme stockeur : dans le matériel de réception, les convoyeurs et les équipements des cellules de stockage



Viennent directement du champ : les bruches des légumineuses (pois, fèverole, haricot, lentille...)



Principal danger des charançons : leur potentiel de multiplication sur une année par 1000



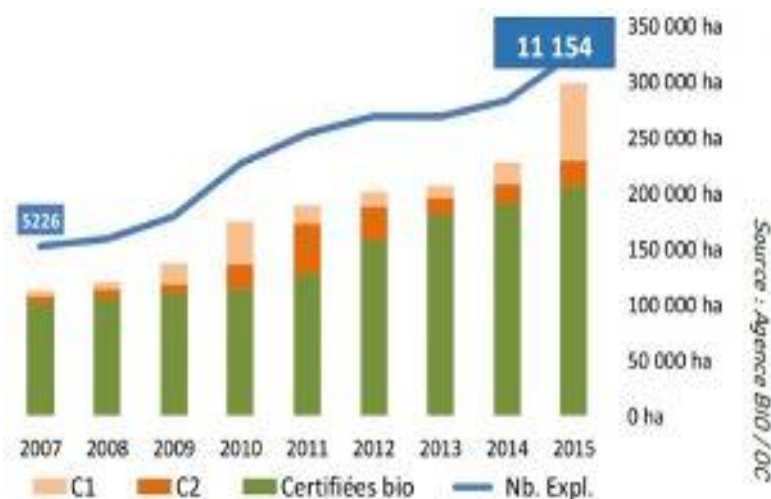
Les traitements insecticides « d'assurance » contre les insectes des grains stockés sont clairement remis en cause

- Les résidus présents dans les grains se retrouvent dans les produits transformés
- La protection des grains par des insecticides « de contact » est spécifique à la France
- L'abandon des traitements insecticides des grains stockés est indispensable pour satisfaire les marchés de gamme de filières « sans résidus » (en plein essor)
- Le traitement du grain avec des insecticides peut être remplacé par un mode de conduite du stockage basé sur la prévention et la surveillance continue des risques d'infestation
- Ce nouveau mode de conduite, appliqué déjà dans de nombreux pays est « l'Integrated Pest Management (IPM) » ; en français : la Protection Antiparasitaire Intégrée (PAI)

La demande de produits des grandes cultures sans résidus pesticides en progression constante en France

Exemples de filières en demande :

- Filières céréales : **30% des céréales 'bio' consommées en France sont importées**
- Produits sous label mettant l'accent sur des **signes de qualité supérieure comme l'absence de résidus de pesticides**, d'ingrédients artificiels, d'OGM, etc.
- Filières de « niche » à **produits tracés garantis sans résidus pesticides** et à mode de production durable
- Produits sous référentiel ou charte de qualité certifiée « **sans pesticide** » (ex. GIE CRC)



Progression des surfaces GC en bio de 2007 à 2015

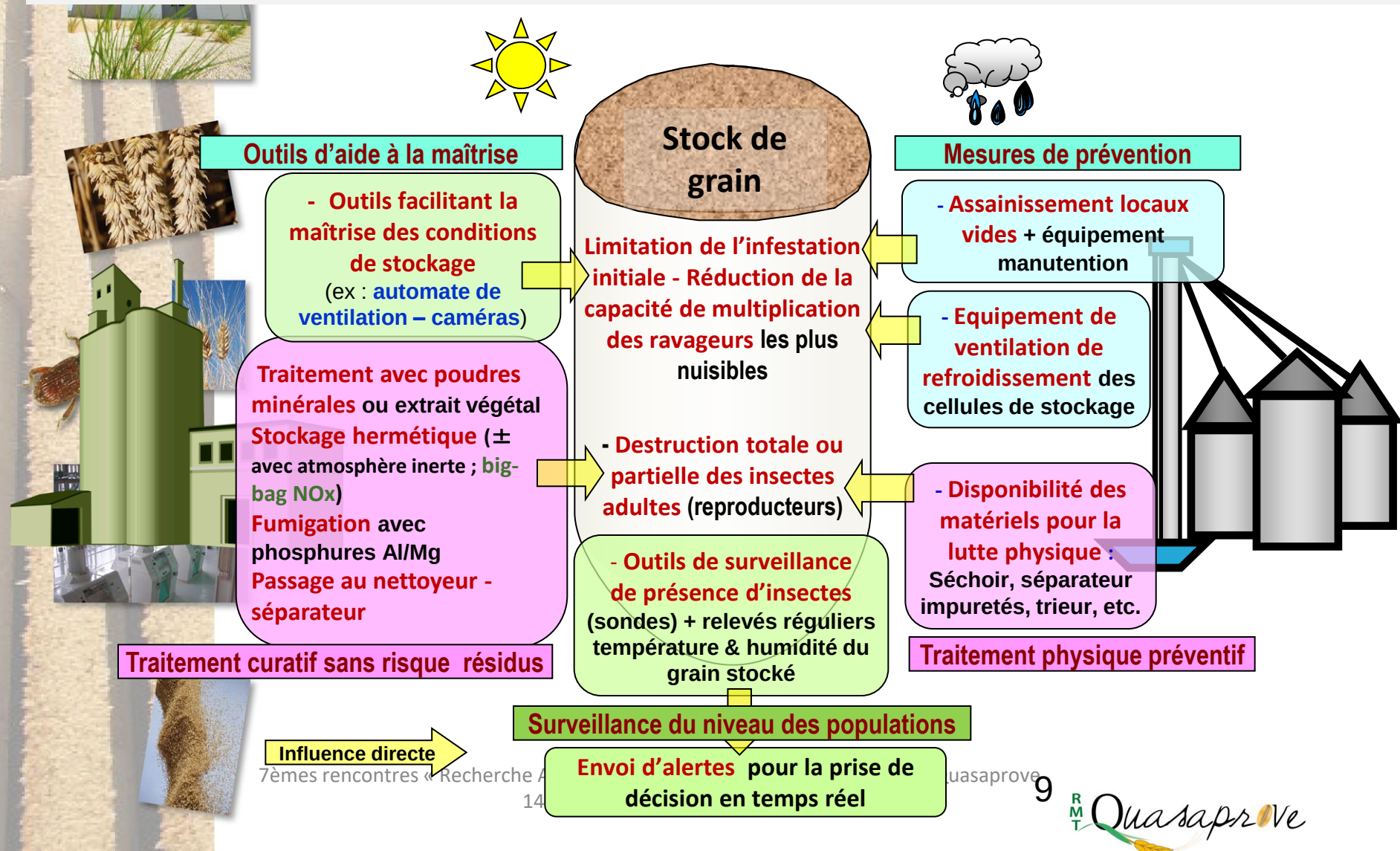
La pression médiatique liée aux pesticides s'est nettement renforcée depuis 4 ou 5 ans et les **enquêtes consommateurs** montrent que **80% d'entre eux sont intéressés par plus de « naturalité »** dans les aliments issus de G.C. (**1^{ère} exigence : l'absence de résidus**)

***Marchés peu ou pas concernés : marchés de masse, alimentation animale (hors AB ou label), filière export**

La protection antiparasitaire intégrée contre les insectes des grains stockés : préventive, technologique et systémique

- La PAI des grains et graines est basée sur les 5 principes généraux suivants (d'après la **Directive CE 2009-128**) :
 - **Approche globale** de la gestion des risques de prolifération des insectes et autres nuisibles
 - **Préférence pour les mesures de prévention** plutôt que pour le traitement du grain
 - **Surveillance continue** des nuisibles avec des outils rapides et précis (par pièges et sondes)
 - **Déclenchement de mesures** de lutte **en fonction** des résultats **de la surveillance**
 - **Préférence pour les méthodes de lutte physique**, biologique et non chimiques (procédés thermiques, mécaniques, biotechniques ...) **ou la fumigation** (sans résidus), **pour éviter le recours à la lutte chimique**
- Cette **approche systémique (organisée en interne dans les OS)** est **basée sur la connaissance** :
 - **De la biologie, du comportement et de la nuisibilité relative des différents insectes,**
 - **Des techniques alternatives aux traitements insecticides,**
 - **Des outils d'alerte de risque et d'aide à la décision,**
 - **Des appareils et équipements facilitant la réduction ou l'élimination des risques d'infestation en temps réel**
- Les OS ont reçu des **incitations régulières à réduire les usages de pesticides en culture** (Ecophyto, Certiphyto, CEPP), **efforts qui sont à prolonger pour l'après récolte**

La boîte à outils de la PAIG : i/ mesures préventives ; ii/ surveillance continue ; iii/ lutte corrective par procédés physiques



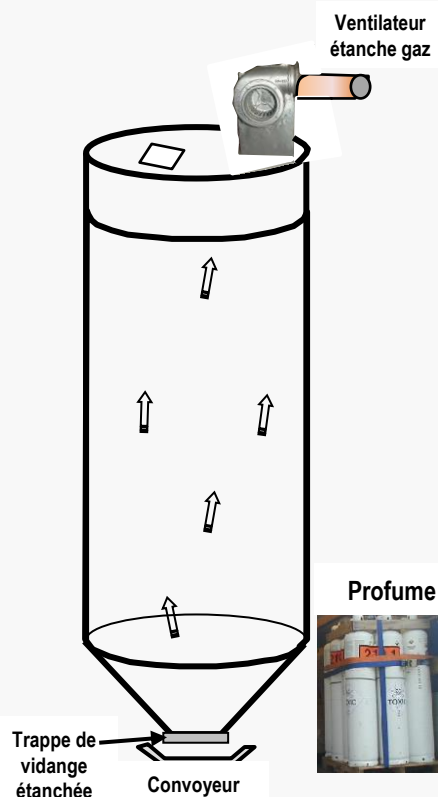
Le plan de protection intégrée (PIGS) s'étale sur toutes les étapes d'une campagne (en commençant avant la récolte)

Etapes :	Avant récolte	Au moment de la collecte (avant période stockage)	Pendant la période de conservation
Mesures limitant l'infestation initiale	Vidange et assainissement des locaux vides + Application poudre minérale dans matériel de récolte et cellules vides Vide sanitaire par chauffage cell. vides	Assainissement (nettoyage complet) des systèmes de manutention + vérification des matériels (de ventilation, par ex.)	Entretien des locaux de stockage, dépoussiérage Entretien régulier des appareils et matériels en fonction
Mesures de prévention de la multiplication des insectes (systématiques)	Nettoyage poussé cellules vides, entrepôts, gaines de ventilation, + Désinsectisation cellules vides (chaleur, gazage , traitement biocide pour locaux vides) Traitement reports «douteux»	Séchage grains récoltés humides (maïs) + séchage céréales récoltées trop humides + nettoyage lots chargés en impuretés (remise à la norme)	Ventilation pour refroidir le grain en stock (dès mise en stockage) Séchage complémentaire (ex. : en cellule sècheuse) Nettoyage du grain en cours de stockage (+ poudre minérale)
Surveillance continue des risques d'infestation	Contrôle de l'infestation des reliquats de stocks année n-1 (évaluation durée de stockage supplémentaire sans risque)	Contrôle infestation livraisons de lots de report et livraisons différées de récolte (estimation aptitude au stockage)	Mesure température grain (+ aux endroits à risque insecte) Suivi par pièges et/ou usage de sondes acoustiques
Application de mesures correctives (en cas d'alerte)		passage au nettoyeur-séparateur livraisons de report ou différées de récolte avant mise en marché rapide + élimination déchets de tri Stockage étanche ou sous AM	Passage au nettoyeur-séparateur de lots « douteux » avant expédit. fumigation PH3 Poudre minérale en surface du tas Passage en séchoir à 55-60°

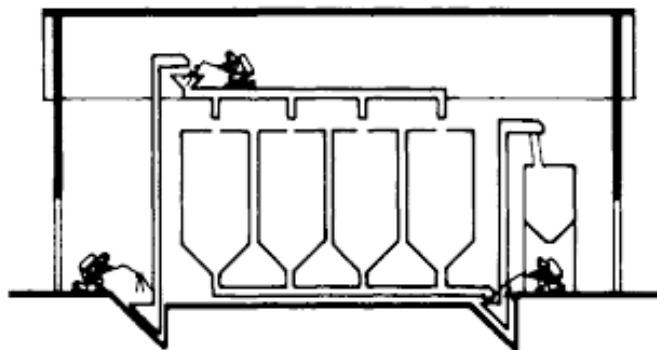
Cf. les ateliers cet après-midi

Le vide sanitaire des cellules vides peut être réalisé par fumigation ou désinsectisation par la chaleur

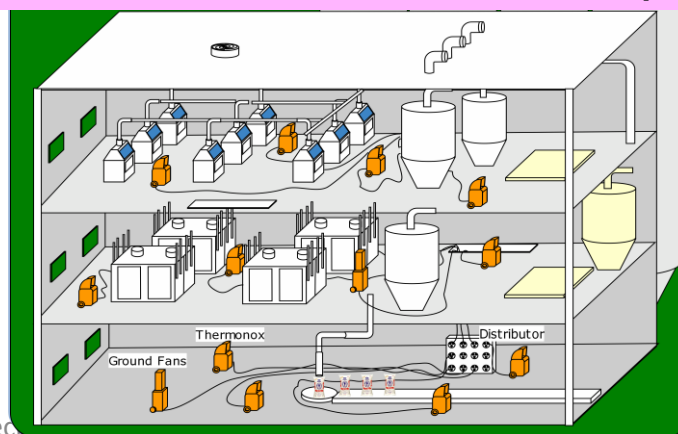
Fumigation au profume®



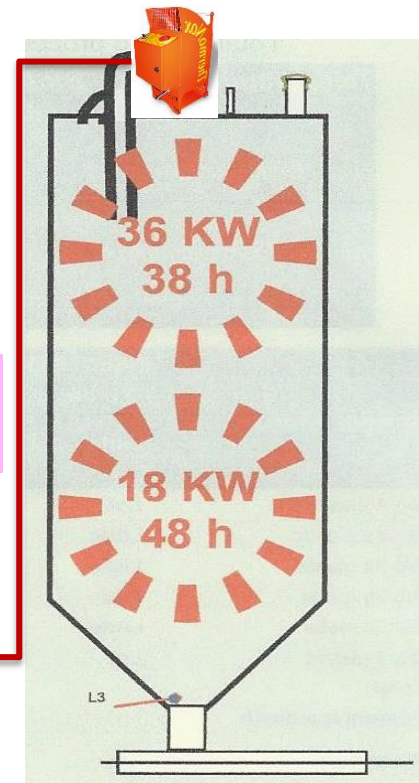
Désinsectisation cellules et circuits du grain par **traitement chimique** ou **terre de diatomées** (après nettoyage poussé)



Même principe appliqué pour la désinsectisation par la chaleur en démo. Dans le moulin pilote



Traitement par la chaleur produite par générateur électrique + ventilateur

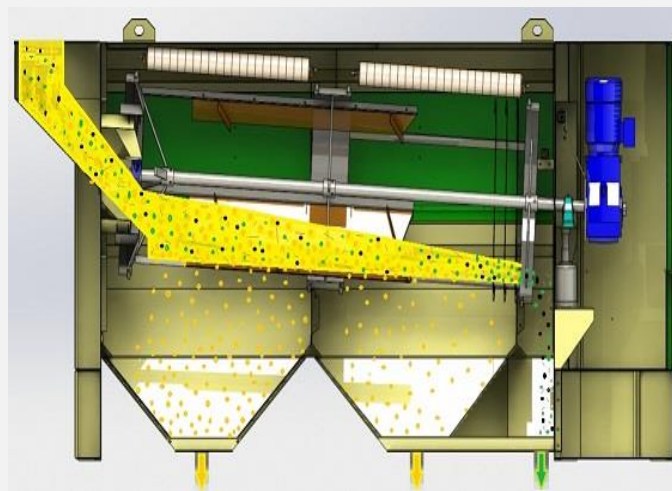


L'utilisation de nettoyeurs-séparateurs avant mise en cellule des livraisons ou en fin de stockage est une bonne pratique

Nettoyeur-calibreur rotatif



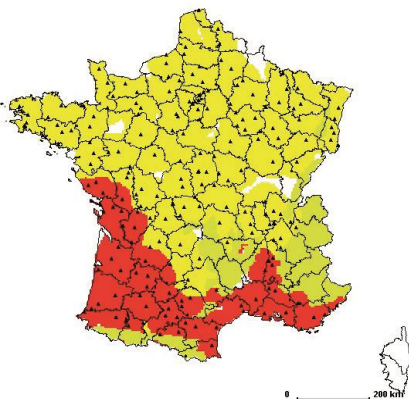
Pré-Nettoyeur haut débit



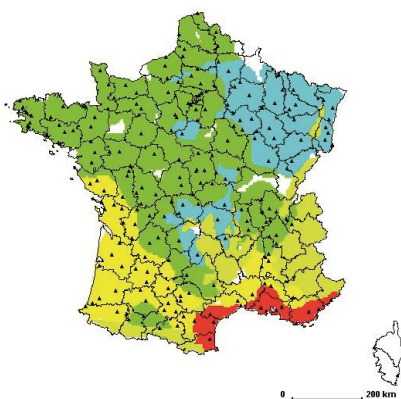
Appareils très utilisés dans les OS spécialisés Grandes Cultures en AB (pour la séparation des graines d'espèces cultivées ensemble, par ex. soja-sarrasin ou lentille-cameline)

La ventilation de refroidissement peut être optimisée en tenant compte de « l'offre climatique » et en ajoutant un automate

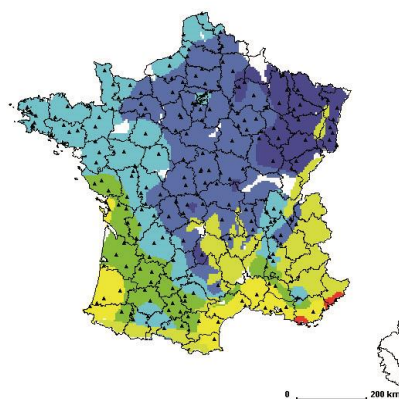
Silo de très grande hauteur (tour béton)
4 m³/h/m³



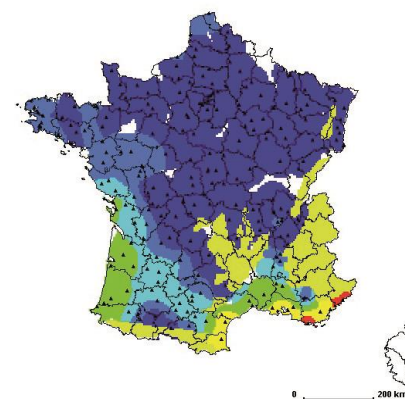
Silo de grande hauteur (palplanche)
8 m³/h/m³



Silo de moyenne hauteur
12 m³/h/m³



Stockage à plat, fermier
16 m³/h/m³



0 cellule refroidie 1 cellule refroidie 2 cellules refroidies 3 cellules refroidies 4 cellules refroidies 5 et + cellules refroidies

Documents Arvalis©

La ventilation à l'air réfrigéré par machine frigorifique permet de s'affranchir d'une 'offre climatique' insuffisante

L'utilisation d'un **contrôleur automatique** de ventilation permet de **réduire la dépense énergétique de 30 à 40 %**



L'anticipation de l'arrivée des insectes dans une livraison ou dans une cellule est possible avec les **pièges** ou les **sondes acoustiques**

Pièges à insectes (2 modèles) pour détecter les formes libres circulant à faible profondeur dans le grain

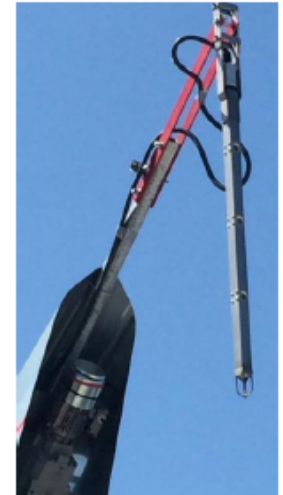
Modèle tube perforé



Modèle « pomme d'arrosoir »



Sonde acoustique automatique (avec ou sans opérateur) utilisée *in situ* dans un chargement avant vidange ou montée sur un préleveur pour détecter l'activité des stades « cachés » ou les adultes libres



Documents Systelia : @B. Tomasini

Tablette tactile de gestion des sondes acoustiques portables

Sonde acoustique semi-permanente (à un seul niveau de capteurs) utilisée *in situ* dans les stockages « à plat » pour indiquer la présence d'insectes et le risque à prolonger le stockage plus longtemps

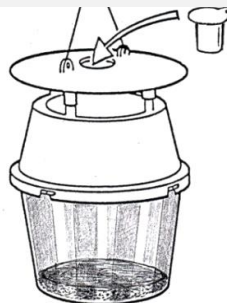


Les mites alimentaires qui arrivent sur les stocks au printemps sont à surveiller par des pièges à phéromone

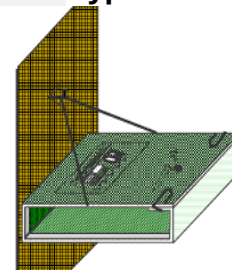
Les mites alimentaires ne sont pas attirées par la lumière et sont très sensibles aux phéromones sexuelles. Elles peuvent être surveillées par les pièges à diffuseur de phéromone (différents modèles disponibles)



Ex. : Teigne des fruits secs
Plodia interpunctella



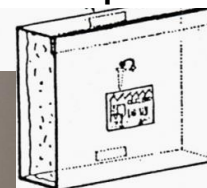
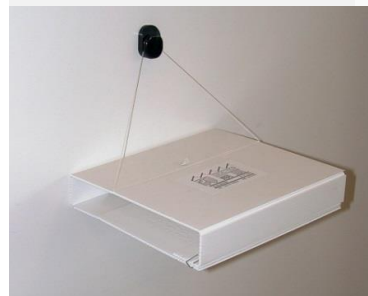
Type « boîte »



Type à usage unique « à glu » avec diffuseur de phéromone



type «tente» à glu imprégnée de phéromone (sans diffuseur)



Les bruches qui émergent dans les magasins de stockage des légumineuses (lentille, pois, fève et fèverole) peuvent être capturées au piège lumineux (dans l'obscurité)

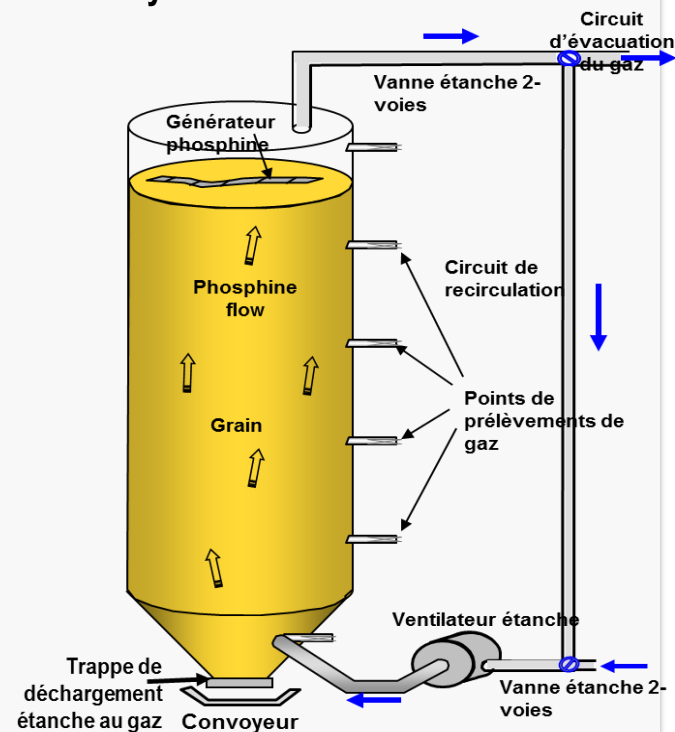
La désinsectisation (préventive ou corrective) par la **fumigation** (sans résidus) devrait être davantage utilisée en France

La fumigation des stocks gains et semences sous bâche ou en cellule étanchée temporairement est un moyen économique de s'assurer de la désinsectisation totale (curative) des lots avant expédition



Fumigation sous bâche étanche (ex. stock à plat)

Schéma d'une fumigation de cellule à grain avec système de recirculation



Différents types de générateurs de phosphine

- Tablets
 - 3 g, releases 1 g of phosphine
- Pellets
 - 0.6 g, releases 0.2 g of phosphine
- Sachets
 - 34 g, releases 11 g of phosphine
- Linear gas generation until 80%, then the generation becomes nonlinear
- Gas release differences among formulations
 - Pellets > tablets > sachets



Système de contrôle de sécurité



On the level: Phosphine meters draw a small amount of air from inside the silo through a small tube and measure the phosphine gas concentration level in parts per million (ppm).

Un traitement complémentaire sans risque de résidus nocifs : la terre de diatomées, abrasive et desséchante

Terre de diatomées (s.a.) homologuée en France : spécialité Silicosec®

La terre de diatomées est une poudre abrasive et déshydratante qui provient de dépôts fossiles de squelettes de silice amorphe d'algues unicellulaires datant de 30 à 80 millions d'années (Z. Korunic). Elle provoque la mort des insectes par blessure de la cuticule et déshydratation

La spécialité « Silicosec® » est autorisée pour les utilisations suivantes :

- Traitements généraux de désinsectisation de locaux, structures et matériels de récolte ou de stockage à la dose maximale de 10 g/m²
- Céréales : traitement des denrées stockées à la dose maximale de 2 kg/tonne
(dans la limite d'une application par an dans les deux cas)

La terre de diatomées en poudre (ou en suspension liquide) est le seul recours relativement efficace contre les infestations déclarées sur céréales en AB



Sac de 15 kg de silicosec® et « poudreuse » (ci-dessous)



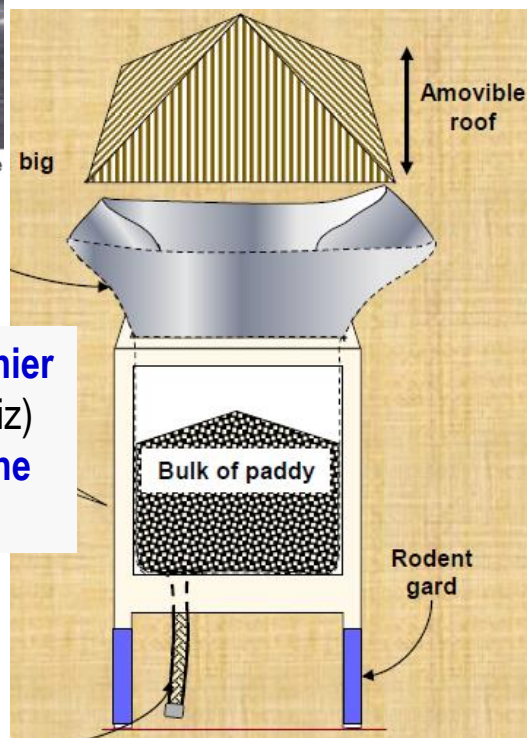
Copyright : lettre technique d'Arvalis 'stock@ge', No. 5, 2016

Pour les stockages de petite capacité (ex. : semences) : solutions en sacs ou big-bags hermétiques avec/sans A.M.

Stockage de fèves de cacao en **big-bag hermétique** en PED (Ghana) (Jonfia-Essien *et al.*)



One tonne SuperGrainbags-HC™ storing paddy with woven inside protective polypropylene



Chemisage étanche d'un grenier traditionnel africain (pour le riz) avec poche plastique étanche (Troude & Fleurat-Lessard)



Big-bag hermétique type NOx®



Bag-in-box 80 à 2000 l



Sté Bernhardt

Accompagner la transition vers la PAIG en développant des OAD informatisés pour : 1/ diagnostic de l'aptitude à un stockage long

Contrôle insecte à réception et détermination de l'aptitude au stockage de longue durée par OAD informatisé

Prélèvement +
scrutation
acoustique

Mesures Physiques et chimiques (H_2O , temp, PS, etc.)

Détection automatique niveau
infestation + prévision de durée
de stockage sans risque

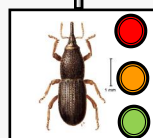
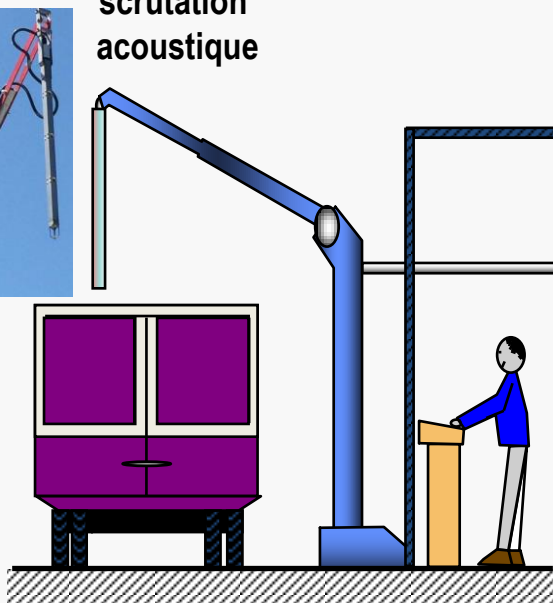
Autres tests sensoriels
(ex. : flair av. nez électr.)

Diagnostic sur
l'état sanitaire
du grain et
conseils pour
le stockage de
longue durée

The screenshot shows the 'Qualis' software interface with the following sections:

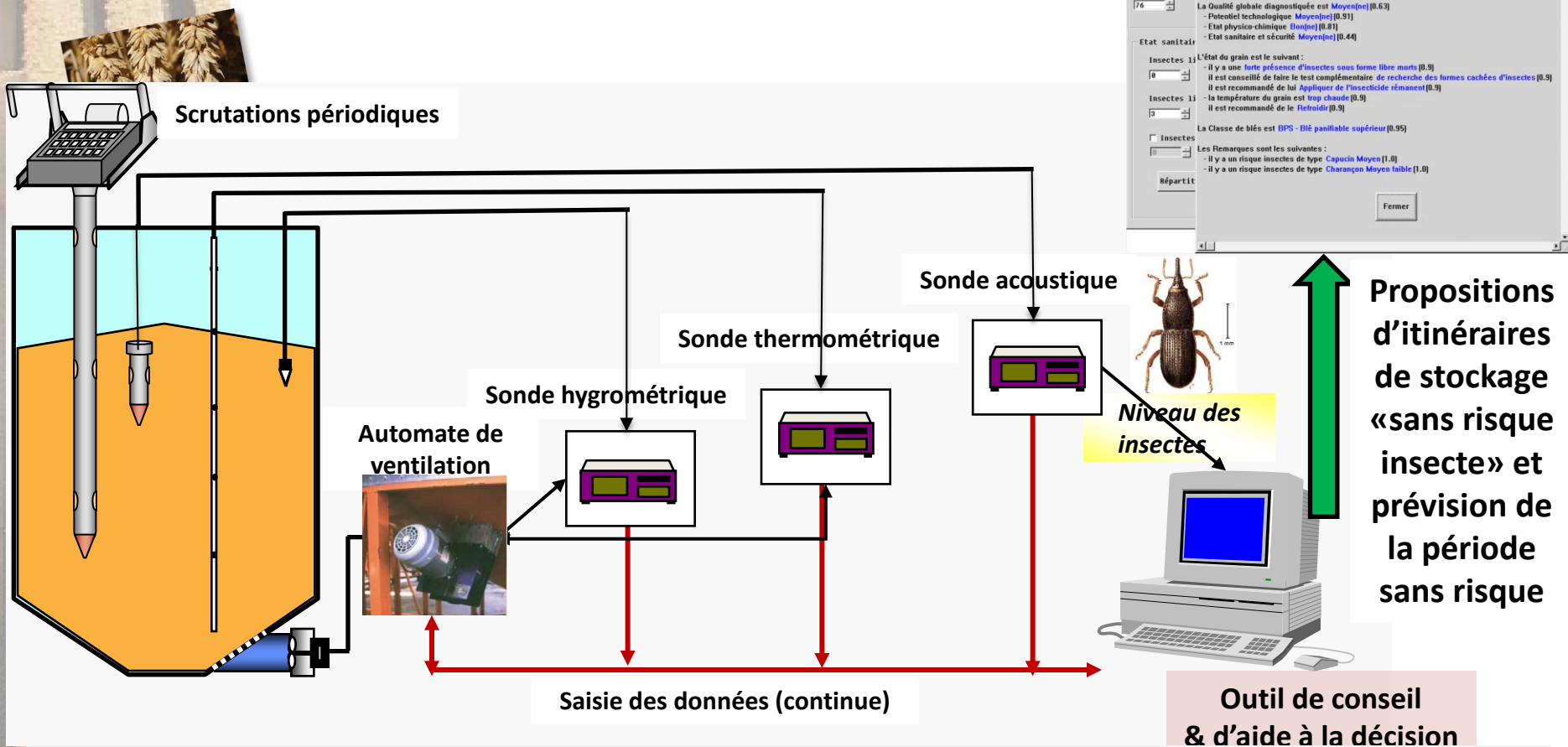
- Etat physico-chimique:** Temperature (25), Water content (13.8), Specific weight (77), and Impurity rate (5.5).
- Potentiel technologique:** Alveogram W (238), Protein content (11), and 261ény index (46).
- Etat sanitaire:** Live insects (0), Dead insects (3), and Hidden insects (3).
- Identité du grain:** Variety (soissons), Harvest year (1997).

Buttons for 'OK', 'Annuler', and 'Répartition des insectes' are visible.



Accompagner la transition vers la PAIG en développant des OAD informatisés pour : 2/ le choix de l'itinéraire de stockage optimal

Système intégré de gestion du risque insecte au stockage



Mais le développement de ces OAD informatisés est encore à l'état de projet !

Le futur de la transition vers l'abandon des insecticides de traitement des grains stockés : suggestions pour progresser

- **Intégration des stratégies de la PAIG dans un système informatisé (pour le conseil, la formation et l'aide à la décision)** (*à réaliser dans un projet de R&D en partenariat public/privé*)
- **Construction de modules de formation des cadres et des techniciens en OS ciblés sur la démarche PAIG** de gestion prévisionnelle des problèmes d'infestation (*à mettre en place dans les grands groupes AA intégrés, les Fédérations et les ICT spécialisés*)
- **Externalisation de l'expertise pour l'aide au diagnostic des risques en OS** et le conseil pour des préconisations de prévention ou de remédiation de l'infestation des stocks de grains par les insectes et autres nuisances (*appel aux ingénieurs-conseils, aux experts hygiène sanitaire A-R*)
- **Développement de logiciels et d'application sur tablette tactile ou smartphone pour l'aide au diagnostic** (ex. : reconnaissance des espèces présentes) et le **conseil pour le choix du meilleur itinéraire de stockage** en relation avec les exigences des utilisateurs des métiers de la transformation (*à engager par les industriels AA ou des GIE de « filières vertueuses »*)
- **Elaboration et diffusion d'une base de connaissances pratiques** sur les principaux dangers de détérioration de l'état sanitaire des grains en stockage de longue durée et les mesures de remédiation appropriées (*en continuité de l'analyse des risques développée dans les GBPH collecte et stockage de céréales, d'oléagineux et de protéagineux, à remettre en chantier*)