

Désinsectisation des grains par la chaleur : La thermodesinsectisation

Etienne LOSSER
ARVALIS - Institut du végétal



Organisé par :

Avec la collaboration de :



Contexte de l'étude

La lutte préventive et/ou curative contre les insectes des denrées stockées

Depuis 50 ans, utilisation de la lutte est **chimique** mais :

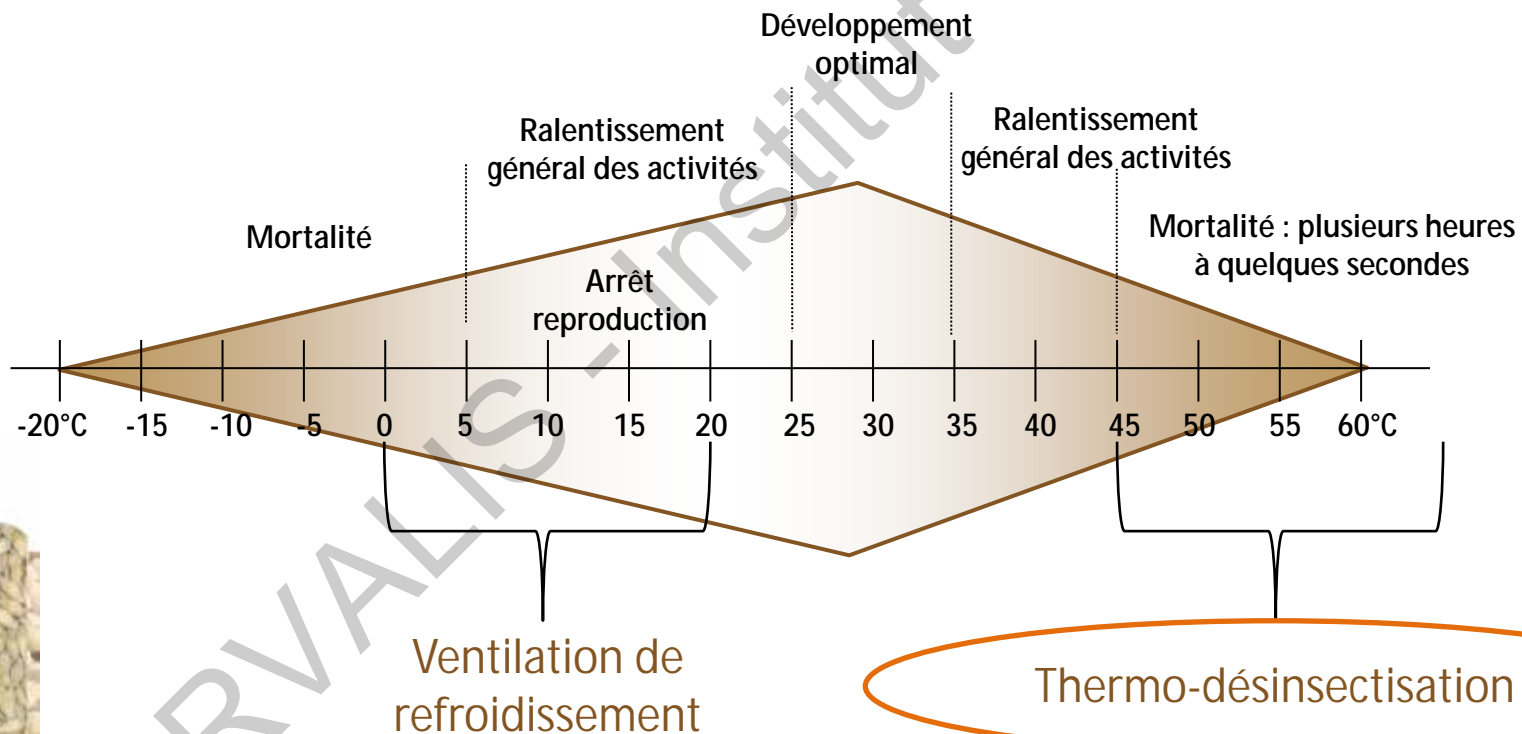
- **Réduction** du nombre de molécules disponibles (absence d'insecticide à action choc)
- **Résistance** des insectes aux insecticides (Subramanyam and Hagstrum, 1995)
- Demande des consommateurs de produits **exempts de résidus d'insecticides**

à Recherche de méthodes **alternatives** de lutte



La température : un facteur de régulation des populations d'insectes

Les insectes survivent et se développent uniquement dans une fourchette définie de température



D'après F. Fleurat Lessard INRA - Villenave d'Ornon

La thermo-désinsectisation

- **Lutte physique** utilisée au début du XXe siècle mais vite abandonnée au profit de la **lutte chimique**
 - Principe
 - Application de fortes températures pendant des périodes de courtes durées
 - Refroidissement à température ambiante
- à Chocs thermiques



Obtention de températures extrêmes

- Nombreux systèmes étudiés par la communauté scientifique :
 - Rayonnement infra rouge
 - Micro-ondes
 - Ondes à hautes fréquences
 - Séchoir à lit fluidisé
- Mais absence de nouvelle solution convenant aux installations des OS

Pourquoi ne pas utiliser les séchoirs à grains présents sur les sites de stockage ?



Exposition des insectes à des températures élevées

- Réponse comportementale et physiologique :

Zone	Température (°C)	Effet
Optimale	25 - 33	Développement maximum
Suboptimale	5 - 25 33 - 45	Ralentissement/arrêt du développement
Létale	< 5 > 45	Mort de l'insecte

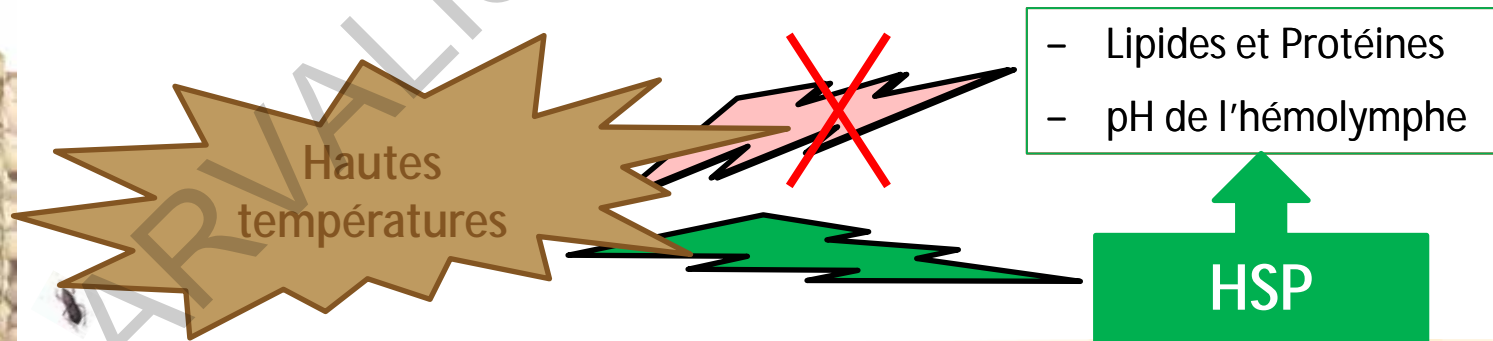
(Fields 1992)

Thermo-stupeur (ou torpeur) à coma

Baisse de la fertilité et de la fécondité

Exposition des insectes à des températures élevées

- Réponse métabolique (Fields 1992, Fields and White 2002) :
 - Fluidisation des phospho-lipides à Impact le système nerveux
 - Modification de la structure des protéines à Perte de fonction
 - Perturbation des activités ioniques à Modification du pH de l'hémolymphe
- Synthèse de protéines de chocs thermiques HSP (Schöffl *et al.*, 1998) entre 36 et 38°C (Tang *et al.*, 2007)
 - à Protection et réparation des protéines
 - à Confère une résistance à la chaleur (Fields 1992)



Exposition des insectes à des températures élevées

- La sensibilité des insectes varie en fonction de l'espèce et du stade
 - *Rhyzopertha dominica* (capucin) à le plus tolérant (Fields, 1992 ; Adler, 2006)
 - *Tribolium confusum* et *Oryzeaphilus surrinamensis* (silvain) à les plus sensibles (Fields et White, 2002)
 - Adulte à stade le plus sensible
 - Larve/nymphes à stades les plus tolérants suivant les espèces et les températures (Mahroof et al., 2003 ; Boina et Subramanyam, 2004 ; Arthur, 2006)



Facteurs température et durée d'exposition

- Température minimum pour une désinsectisation efficace = 50°C (Tang *et al*, 2007)
- Température létale pour tous les insectes et tous les stades = 60°C (Fleurat-Lessard *et al.*, 2009 ; Dermott et Evans, 1978)
- Durée d'application pour 99,9% de mortalité

Température (°C)	Durée d'application
45	jours
50	heures
55	minutes
60	secondes

Autre(s) facteur(s) influençant l'efficacité de la thermo-désinsectisation

- Densité de population à forte densité = tolérance augmentée (Hallman 2000)
- Technique utilisée à durée différente selon les séchoirs (lits fluidisés ou non) et type d'énergie (Hallman, 2000 ; Qaisrani et Banks, 2000 ; Tilley et al., 2007)
- Température et teneur en eau initiale du grain à meilleure efficacité quand le grain est sec et tempéré (Qaisrani et Banks, 2000)
- Débit d'air à efficacité accrue avec des débits d'air élevés

Ces facteurs influencent la cinétique de montée en température
(Montée brusque = efficacité accrue)
→ Choc thermique

Conséquences sur la qualité technologique du grain

- Amélioration quand séchage entre 60 et 80°C (Vázquez *et al.*, 2001)
- Absence d'effet sur la vigueur et la F.G pour des traitements inférieurs à 70°C ou inférieurs à 15 minutes (Ghaly *et al.*, 1982).
- Sur-séchage à perte en élasticité de la pâte (Berhaut 1989)
- Choc thermique à limite perte en eau du grain (Fleurat-Lessard, 1984)

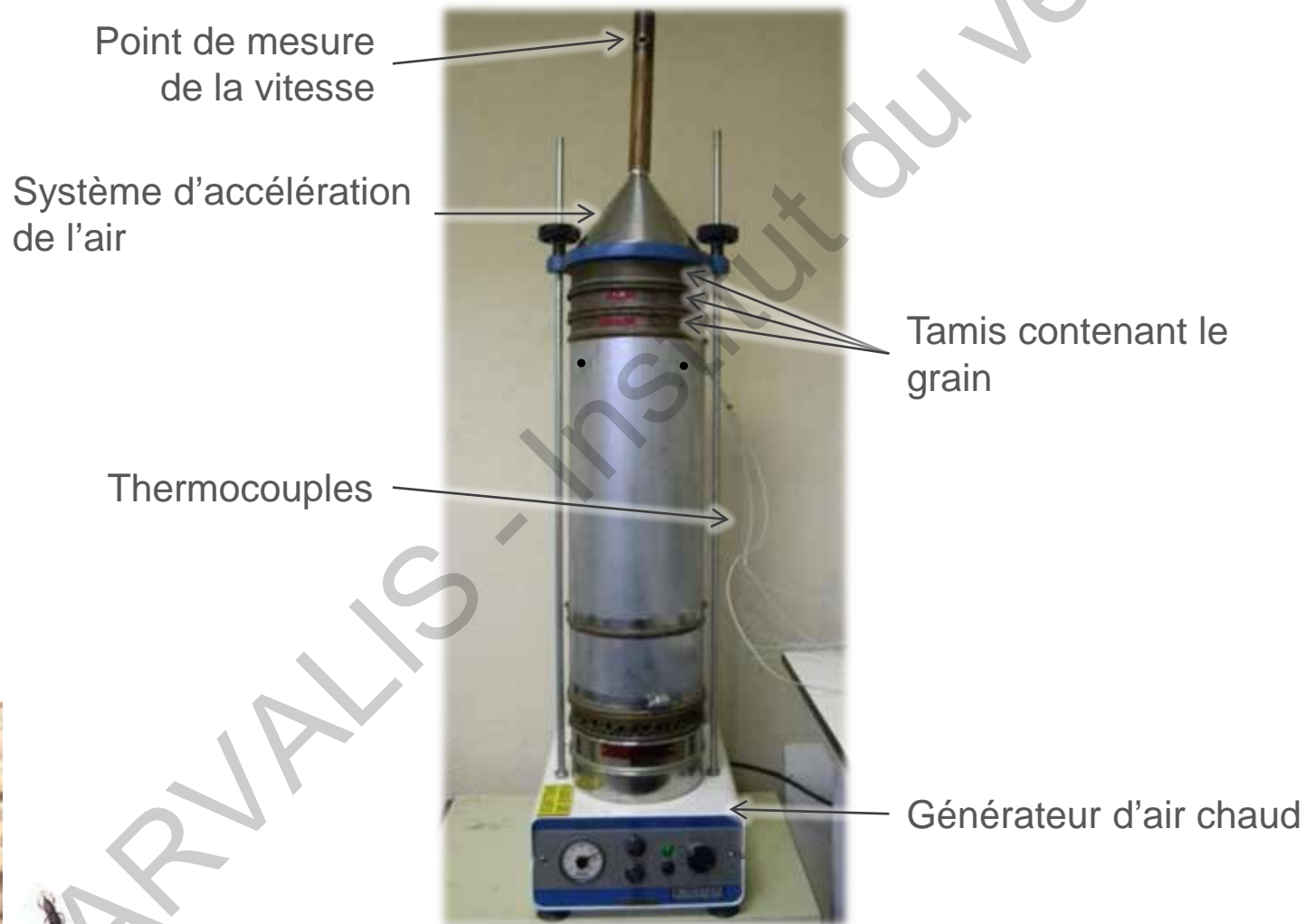


Objectifs de l'étude

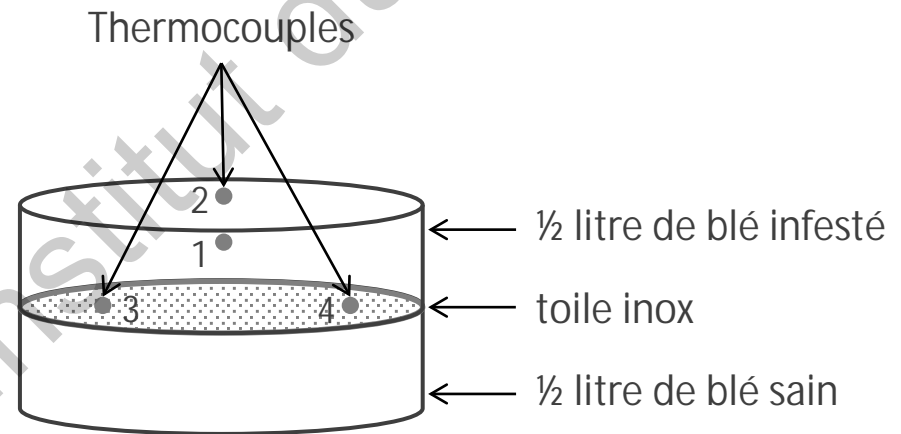
- Quelles sont les combinaisons de paramètres (débit spécifique, température, durée d'application) qui entraîne une désinsectisation efficace des lots de blé ?
- Quels sont les conséquences de ces traitements thermiques sur la qualité technologique du blé ?



Dispositif expérimental

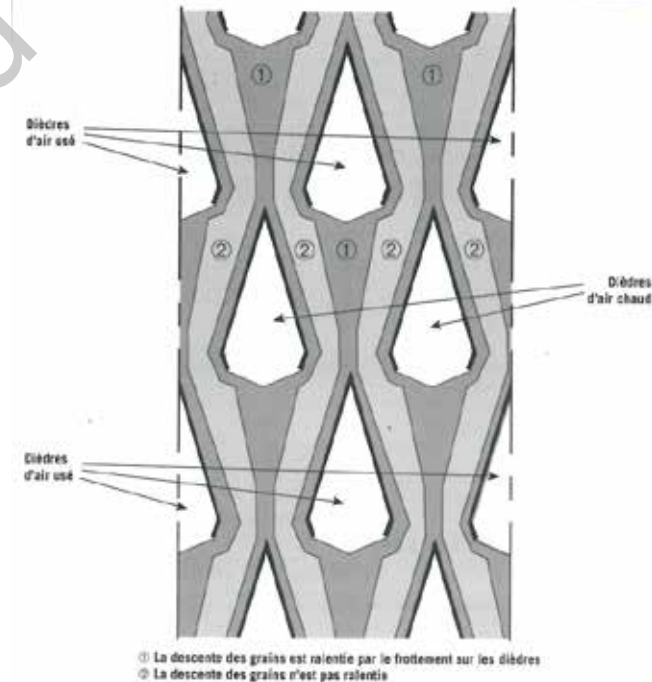
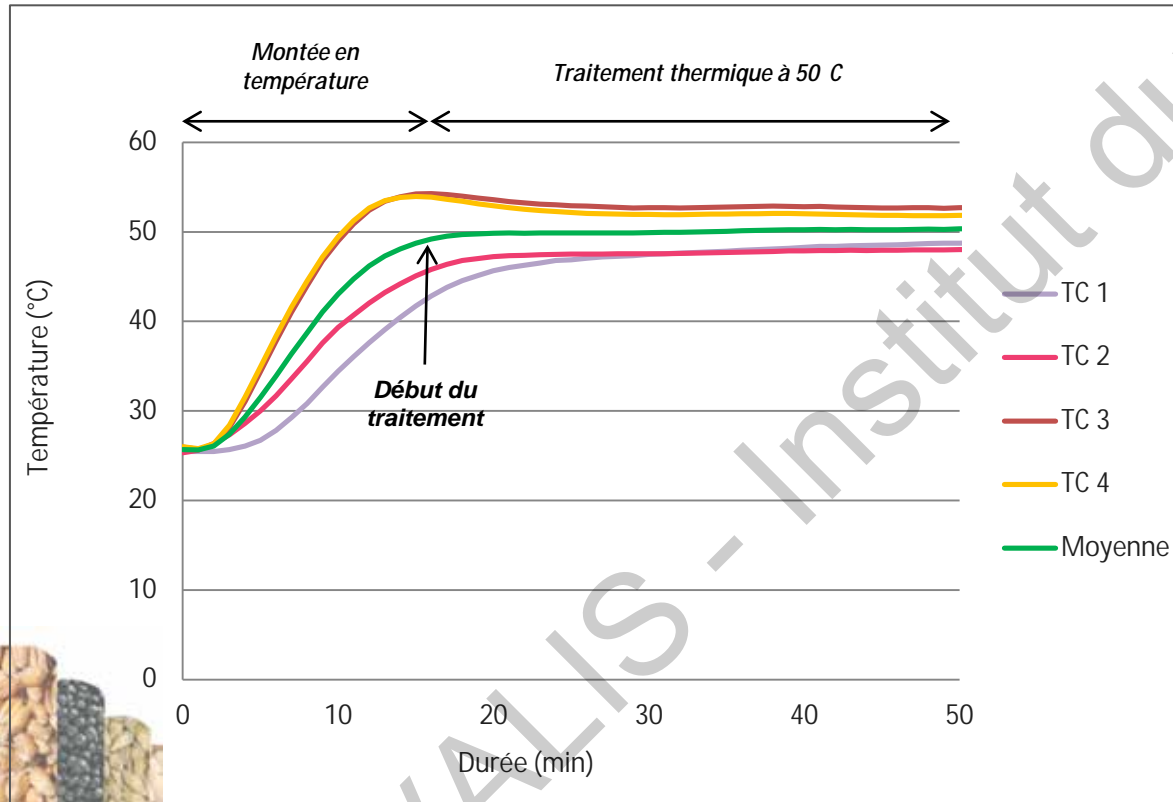


Dispositif expérimental



Dispositif expérimental

- Ecart de températures :



- 15°C pendant la montée en température
- 5°C quand les températures sont stabilisées

Essai n 1 : Efficacité sur charançon



Essai n 1 : Efficacité sur charançon

- Insectes : *Sitophilus zeamais* adultes uniquement
- Grain infesté : 40 individus/traitement disposés dans du grain sain
- 3 températures de masse : 50, 55 et 60 °C
- 3 débits spécifiques : 2500, 3800 et 5200 m³/h/m³
- Durée croissantes jusqu'à 100% de mortalité



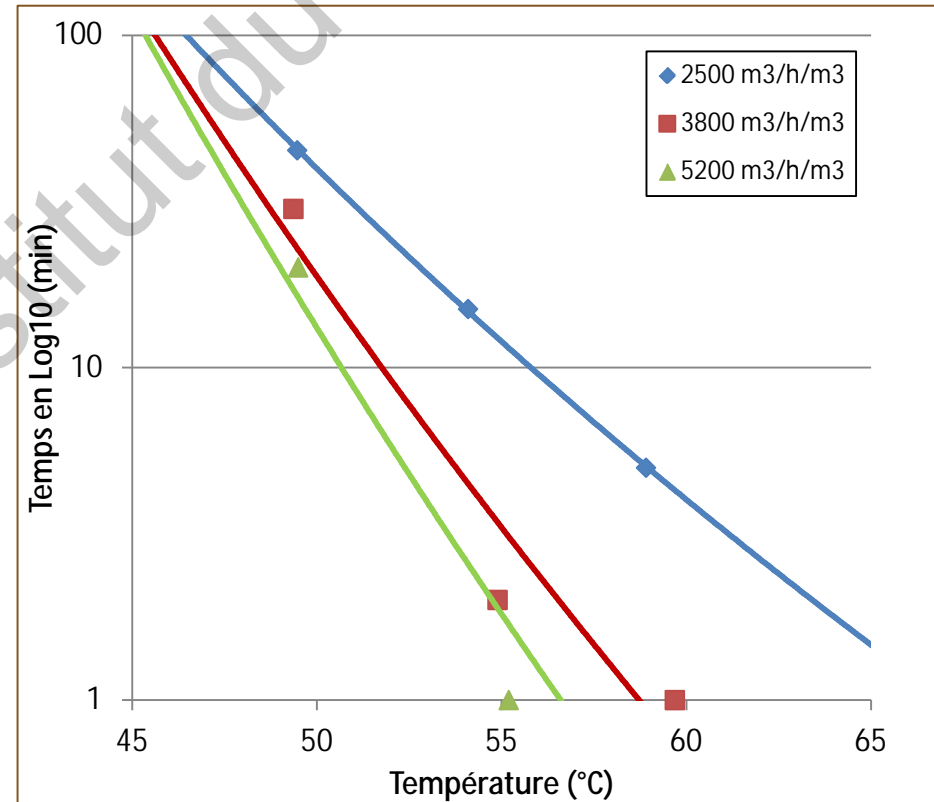
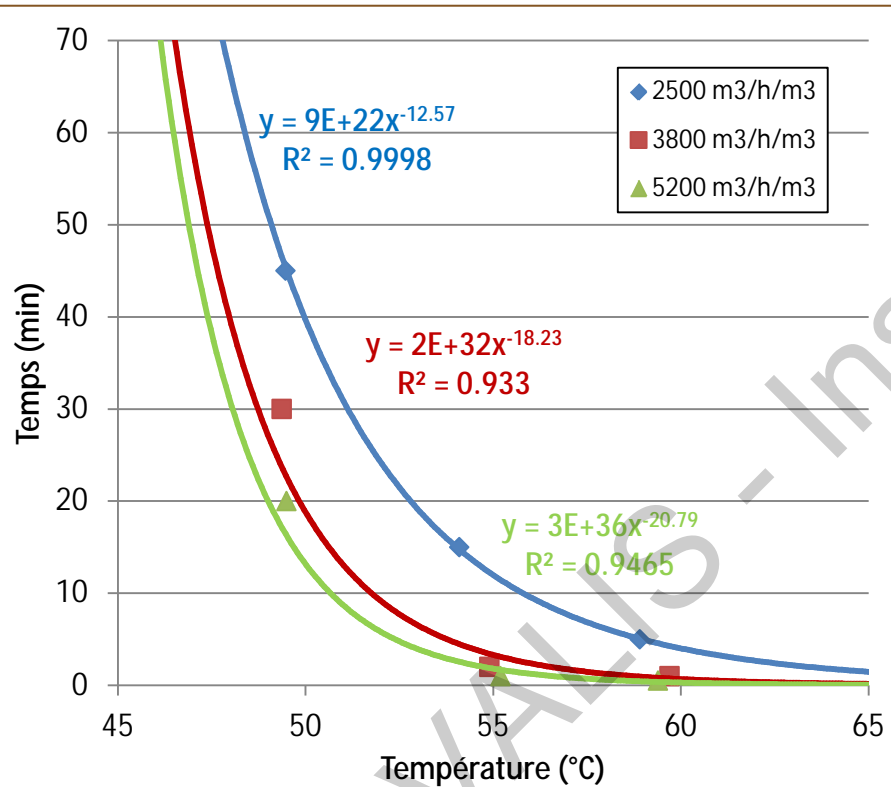
Essai n 1 : Efficacité sur charançon

Taux de mortalité (24 heures après traitement)

Minutes	2500 m3/h/m3			3800 m3/h/m3			5200 m3/h/m3		
	50°C	55°C	60°C	50°C	55°C	60°C	50°C	55°C	60°C
0.25									98
0.5					35			98	100
1					40	100		100	100
2					100			100	100
3							10		
5		95	100		100	100	90		
10	21	95	100		100	100	79		
15	60	100		83			98		
20	70			95			100		
25				95					
30	83			100					
45	100								

Essai n 1 : Efficacité sur charançon

Influence de la température sur le temps de traitement nécessaire à une désinsectisation totale en fonction du débit d'air spécifique

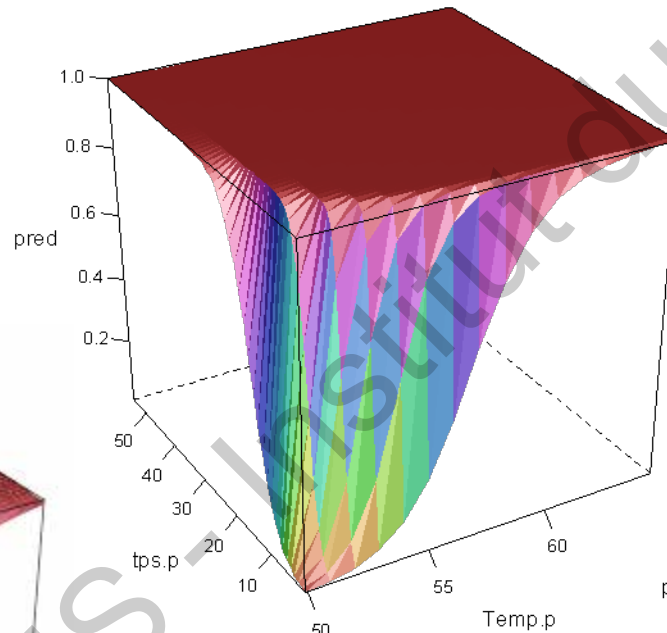
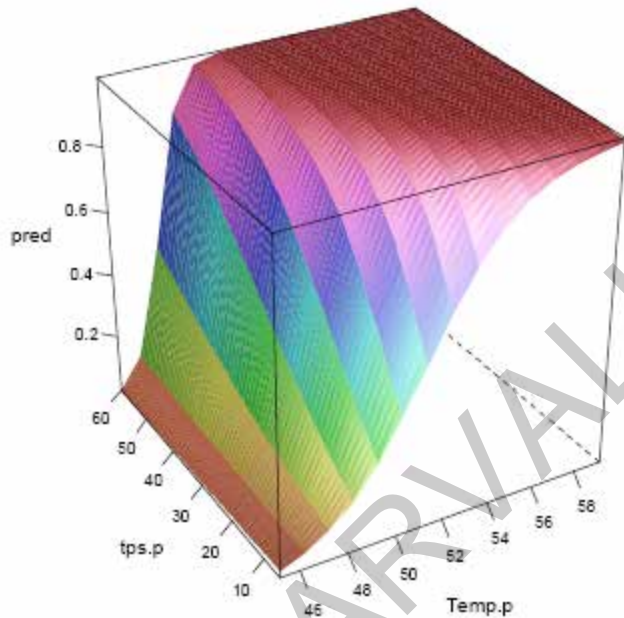


Pour une température de la masse donnée, plus le débit d'air est élevé, plus la durée de traitement peut être courte

Essai n 1 : Efficacité sur charançon

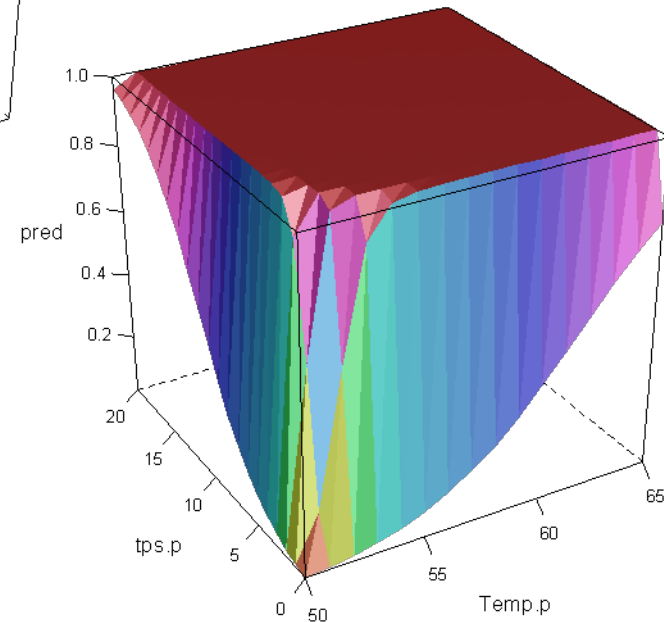
Création d'un modèle de prédiction mathématique à modélisation

2500 m³/h/m³



3800 m³/h/m³

5200 m³/h/m³



Essai n 2 : Efficacité sur capucins



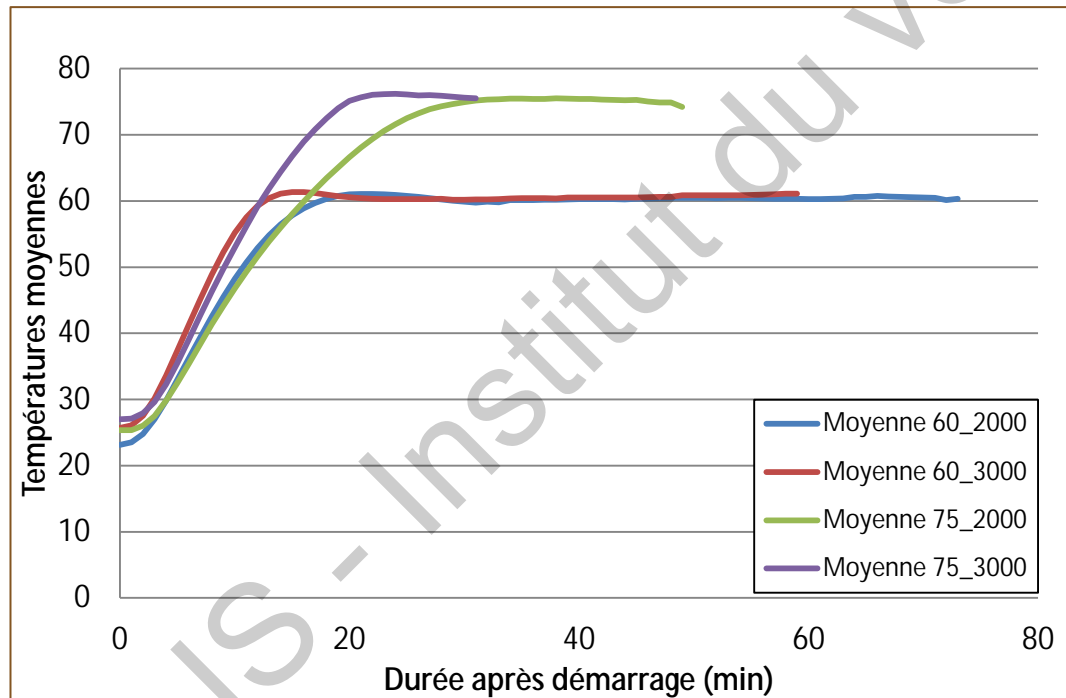
Essai n 2 : Efficacité sur capucins

- Insectes : *Rhizopertha dominica* adultes et formes juvéniles
- Grain préalablement infesté (contenant oeufs, larves et nymphes) + 100 adultes/traitement
- 2 températures de masse : 60 et 75 °C
- 2 débits spécifiques : 2000 et 3000 m³/h/m³
- Durée croissantes jusqu'à 100% de mortalité pour 3 répétitions



Essai n 2 : Efficacité sur capucins

- Suivi de température dans la masse de grain au cours des traitements



Cinétiques identiques pour les traitements de même couple température-débit spécifique

à **Influence du débit spécifique sur la cinétique, quelle que soit la température de traitement**

Essai n 2 : Efficacité sur capucins

- Taux de mortalité moyen des 3 répétitions

Durée	60°C – 2000m3/h/m3	60°C – 3000m3/h/m3	75°C – 2000m3/h/m3	75°C – 3000m3/h/m3
5	55 (85)		100 (100)	100 (100)
10			100 (100)	100 (100)
15	90 (93)	98 (70)	100 (100)	
25	98 (97)	100 (100)		
35	100 (100)	100 (100)		

() : taux de mortalité des formes juvéniles

- à Influence de la température et du débit spécifique sur la durée de traitement nécessaire
- à *R. dominica* est l'espèce la plus tolérante, ces traitements peuvent ainsi servir de base à la thermo-désinsectisation des autres espèces

Essai n 3 : Impact des traitement sur la qualité technologique



Essai n 3 : Impact des traitement sur la qualité technologique

- Travail en séchoir pilote sur des masses unitaires de 50 kg
- Séchoir représentatif des séchoirs industriels
- Réalisation de cycles de 10 minutes de montée et de descente en température (effet dièdres)



Essai n 3 : Impact des traitement sur la qualité technologique

- Choix des triplets issus de l'essai 1 de telle sorte à couvrir la zone de préconisation pour chaque débit

Triplets	Temps de traitement effectif (min)	Température de la masse (°C)	Débit (m3/h/m3)
1	5	60	2500
2	30	60	2500
3	45	50	2500
4	2,5	60	3800
5	10	55	3800
6	20	50	3800
7	1	60	5200
8	5	50	5200
9	10	50	5200

Température de l'air de séchage = Température de la masse + 20°C

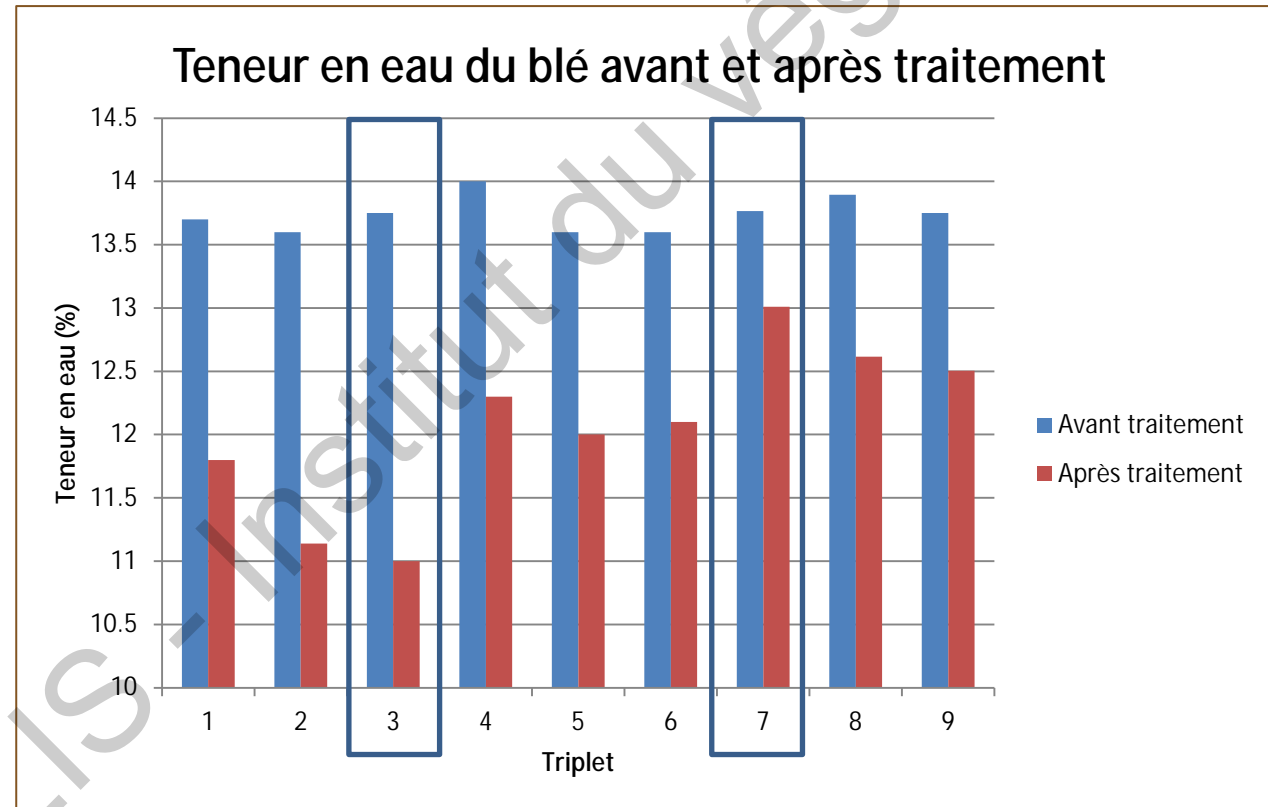


Essai n 3 : Impact des traitement sur la qualité technologique

- Teneur en eau :

3 à 50_45_2500 : - 2.8 %

7 à 60_1_5200 : - 0.8 %



à Pertes moins importantes pour les traitements courts à hauts débits spécifiques

à Privilégier un refroidissement rapide

Essai n 3 : Impact des traitement sur la qualité technologique

- Attribution de notes en fonction de la dégradation pour chaque critère puis attribution d'une note globale

à Dans le cas présent (blé Prémio), une température de traitement supérieure à 55°C (triplets 1, 2, 4 et 7) a un effet négatif sur la qualité technologique du grain. Ceci est étonnant d'après d'autres études.

Note	% différence / témoin
0	< 5 %
1	5 > X > 10 %
2	10 > X > 25 %
3	> 25 %

à Un débit d'air élevé lié à un temps de traitement court altère le moins la qualité

Triplet	Note Humidité	Note chute Hagberg	Note W	Note Panification	Note Volume	Note Finale
60_5_2500	2	2	3	2	2	11
60_30_2500	2	1	3	0	0	6
50_45_2500	2	1	2	0	0	5
60_2.5_3800	1	1	3	2	2	9
55_10_3800	2	1	2	0	0	5
50_20_3800	2	0	1	0	0	3
60_1_5200	0	0	3	1	2	6
50_5_5200	1	2	0	0	0	3
50_10_5200	1	0	1	0	0	2

Conclusion

- La thermo-désinsectisation est une technique efficace pour lutter de manière curative contre les insectes
- Pour une désinsectisation totale, la durée de traitement est fonction de la température et du débit spécifique
- Privilégier une montée en température puis un refroidissement rapides
à effet choc thermique
- L'impact sur la qualité technologique semble faible mais est encore mal connu
- Le principal inconvénient est la perte de teneur en eau

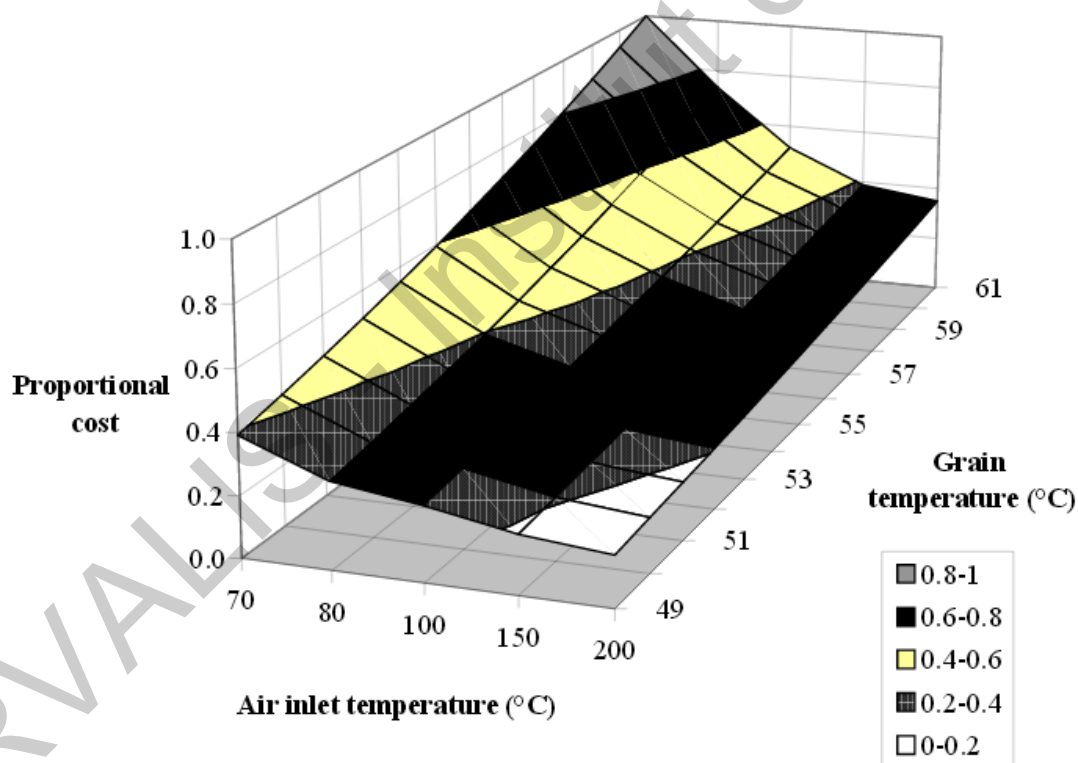
à Pour un traitement efficace et sans impact, privilégier une température d'environ 55°C avec un débit spécifique important et une durée de traitement réduite



Conclusion

- Approche économique

Chauffage à basse température et longtemps : **efficace et moins cher**
(Beckett et Wright, 2000) **mais impact la qualité**



Perspectives

- Essais en séchoir fermier sur la Plate-Forme Métiers du Grain d'ARVALIS – Institut du végétal à Boigneville (91)
 - Paramétrage du séchoir (débits d'air, temps de traitements, monitoring des températures...)
 - Efficacité des traitements
 - Impacts sur la qualité technologique
 - Etude économique





Merci de votre attention