

Insectes comestibles et risque allergique

F Corazza

Service d'immunologie, Laboratoire Hospitalier Universitaire de Bruxelles LHUBi ULB
Laboratoire de recherche translationnelle, Campus Brugmann (ULB 223)

CORATA 2016
Strasbourg

Entomophagie une solution d'avenir ?

Demande mondiale en aliments →

source alternative de protéines ?



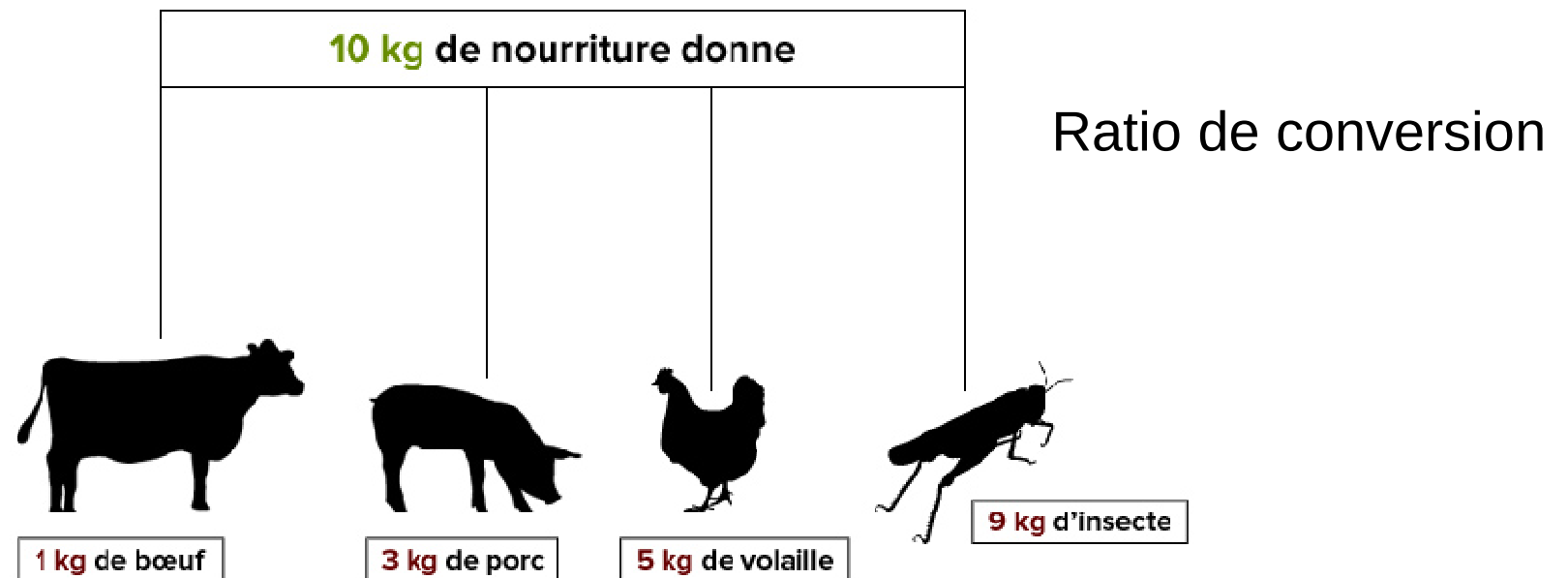
Contribution des insectes à la sécurité alimentaire

van Huis A, Van Itterbeeck J, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, et al. Edible insects: future prospects for food and feed security. FAO Forestry Paper 171, ISBN 978-92-5-107595-1. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2013.



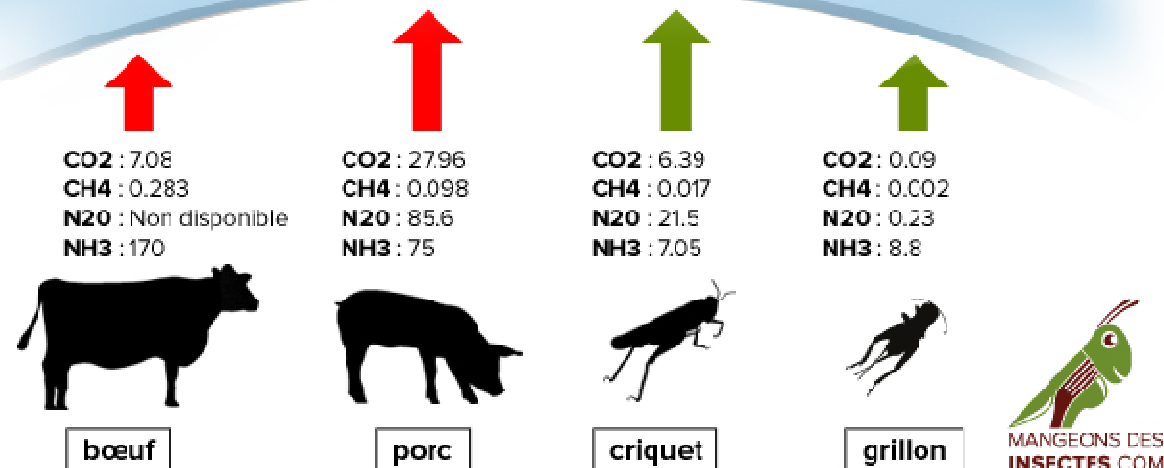
Insectes comestibles préparés pour un concours alimentaire au Laos

AVANTAGES



Rejets de gaz à effet de serre

(rejets maximaux, en g par kg de masse corporelle par jour)



Insects in a food perspective ...

Table 1–Comparison in essential aminoacids composition among insect fresh weight (silkworm pupae) and common animal foodstuffs fresh weight (Longvah and others 2011).

Component (g/100 g)	Pupae	Beef meat	Pork meat	Chicken meat	RDA ^a
Protein g%	15.8	21.35	21.30	19.40	0.66 g/kg/d
Aspartic acid	1.54	2.07	1.13	1.91	2.20 mg/kg/d
Threonine	0.75	0.87	0.94	0.95	11 mg/kg/d
Serine	0.82	0.86	0.90	0.88	
Glutamic acid	2.03	3.61	3.26	2.85	
Proline	1.02	0.89	0.85	0.73	
Glycine	0.78	1.08	1.02	0.90	
Alanine	0.97	1.32	1.25	1.15	
Cystine	0.08	0.23	0.29	0.25	
Valine	0.84	1.02	1.21	1.04	15 mg/kg/d
Methionine	0.36	0.61	0.59	0.62	10 mg/kg/d
Isoleucine	0.69	0.92	1.14	0.98	15 mg/kg/d
Leucine	1.04	1.82	1.74	1.64	21 mg/kg/d
Phenylalanine	0.82	0.86	0.83	0.82	21 mg/kg/d
Histidine	0.42	0.82	0.82	0.69	15 mg/kg/d
Lysine	1.03	1.94	1.80	1.79	18 mg/kg/d
Arginine	0.69	1.30	1.33	1.34	

^aRecommended daily allowances for adults.

Table 2–Comparison in minerals composition among insect fresh weight (silkworm pupae) and common animal foodstuffs fresh weight (Longvah and others 2011).

Component (mg/100 g)	Pupae	Beef meat	Pork meat	Chicken meat	RDA ^a
Phosphorus	175	191.50	160.00	nd	1000 mg
Iron	7.0	1.67	0.80	nd	10 mg
Calcium	24.0	6.50	8.00	8.00	1000 mg
Zinc	2.10	3.41	1.60	1.26	10 mg
Copper	0.45	0.05	0.13	0.06	1.2 mg
Magnesium	54.0	19.25	17.0	26.00	nd
Manganese	0.69	nd	nd	nd	1 mg

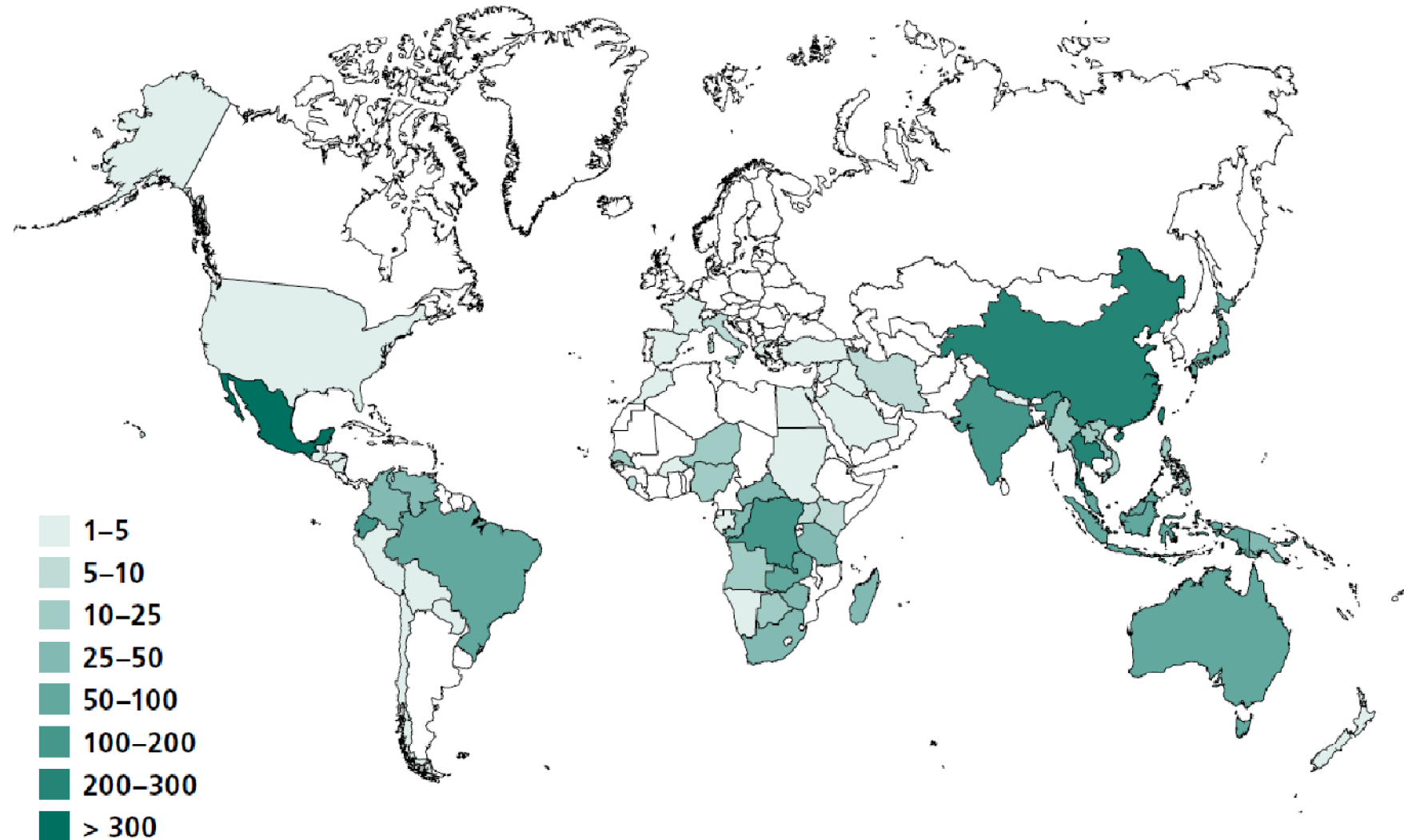
^aRecommended daily allowances for adults.

Entomophagie dans le monde



Insectes comestibles dans le monde

Recorded number of edible insect species, by country

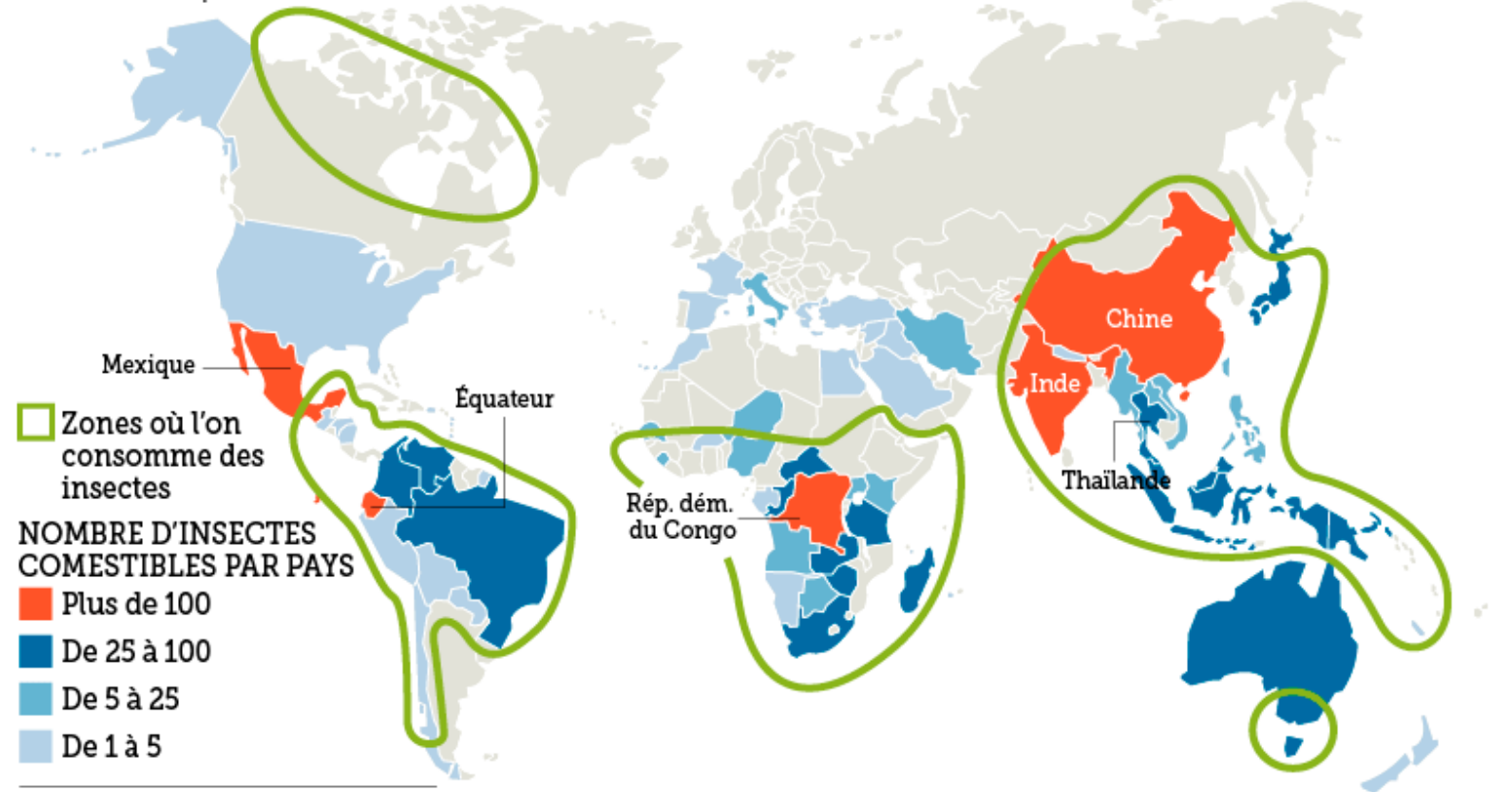


Source: Centre for Geo Information, Wageningen University, based on data compiled by Jongema, 2012.

Entomophagie dans le monde

Des insectes pour contribuer à la sécurité alimentaire de la planète

Plus de 1 900 espèces d'insectes comestibles sont consommées dans le monde



INSECTES LES PLUS CONSOMMÉS, en %



31%

Coléoptères



18%

Chenilles



14%

Fourmis, guêpes, abeilles



13%

Sauterelles, criquets,
grillons



10%

Cigales, chrysomèles,
cicadelles, cochenilles,
hémiptères

Source : FAO, Atlas mondial des cuisines et gastronomies

17/05/2013

Et en Europe ?

Reglement de 1997: tout nouvel aliment doit faire l'objet d'une demande d'autorisation avant mise sur le marché
Concept de **Novel food** : aliments qui n'étaient pas consommés de façon régulières avant 1997 au sein de l'Union européenne.

En novembre 2015 : tous les pro-duits à base d'insectes (parties d'insectes, mais aussi les insectes doivent être considérés comme «novel food» -

En France

Alerte du Réseau Allergo-Vigilance sur l'utilisation des protéines et produits dérivés d'insectes :

Note de la DGCCRF: **tous les insectes et produits dérivés sont des nouveaux aliments .**

Vu l'absence d'autorisation donnée à ce jour ils ne peuvent pas être mis sur le marché en vue de la consommation humaine.

En Belgique

Agence Fédérale pour la Sécurité

Chaîne Alimentaire : circulaire

AFSCA 21/5/2014

Tolérance pour la consommation
de 10 espèces d'insectes

Dix espèces d'insectes sont actuellement tolérées en Belgique jusqu'à l'application du nouveau règlement, le 1er janvier 2018.

En-suite, ces insectes entiers et les produits à base de ces insectes ne pourront continuer à être mis sur le marché belge qu'à la condition qu'une demande d'autorisation ait été introduite pour ces insectes ou produits avant janvier 2018, date d'application du nouveau règlement.

La tolérance pourra être prolongée jusqu'à ce que les de-mandes introduites aient reçu une réponse.

Les insectes en Europe et en Belgique

«novel food» : aliments qui n'étaient pas consommés de façon régulières avant 1997 au sein de l'Union européenne.

aussi des ali-ments traditionnellement con- sommés en dehors de l'Europe, comme les insectes.

l'U.E. a levé toute ambiguïté en adop-tant un règlement européen en novembre 2015 : tous les pro-duits à base d'insectes (parties d'insectes, mais aussi les insectes-entiers).

Dix espèces d'insectes (voir ci-contre) sont actuellement tolérées en Belgique. La tolérance de l'Afscsa s'applique pour les 10 insectes concernés jusqu'à l'ap- plication du nouveau règle-ment, le 1er janvier 2018.

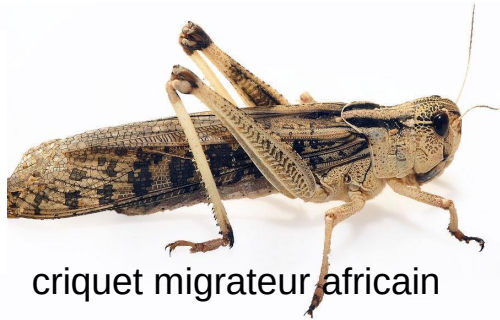
En-suite, ces insectes entiers et les produits à base de ces insectes ne pourront continuer à être mis sur le marché belge qu'à la condition qu'une demande d'autorisation ait été introduite pour ces insectes ou produits avant janvier 2018, date d'appli-cation du nouveau règlement.

La tolérance pourra être pro-longée jusqu'à ce que les de-mandes introduites aient reçu une réponse.

Les 10 insectes tolérés en Belgique



Le grillon domestique



criquet migrateur africain



ver de farine
(tenebrio molitor)



ver de farine géant
(Zophobas atratus morio)



ver Buffalo



chenille de la petite fausse teigne



chenille de la fausse teigne



criquet pèlerin d'Amérique

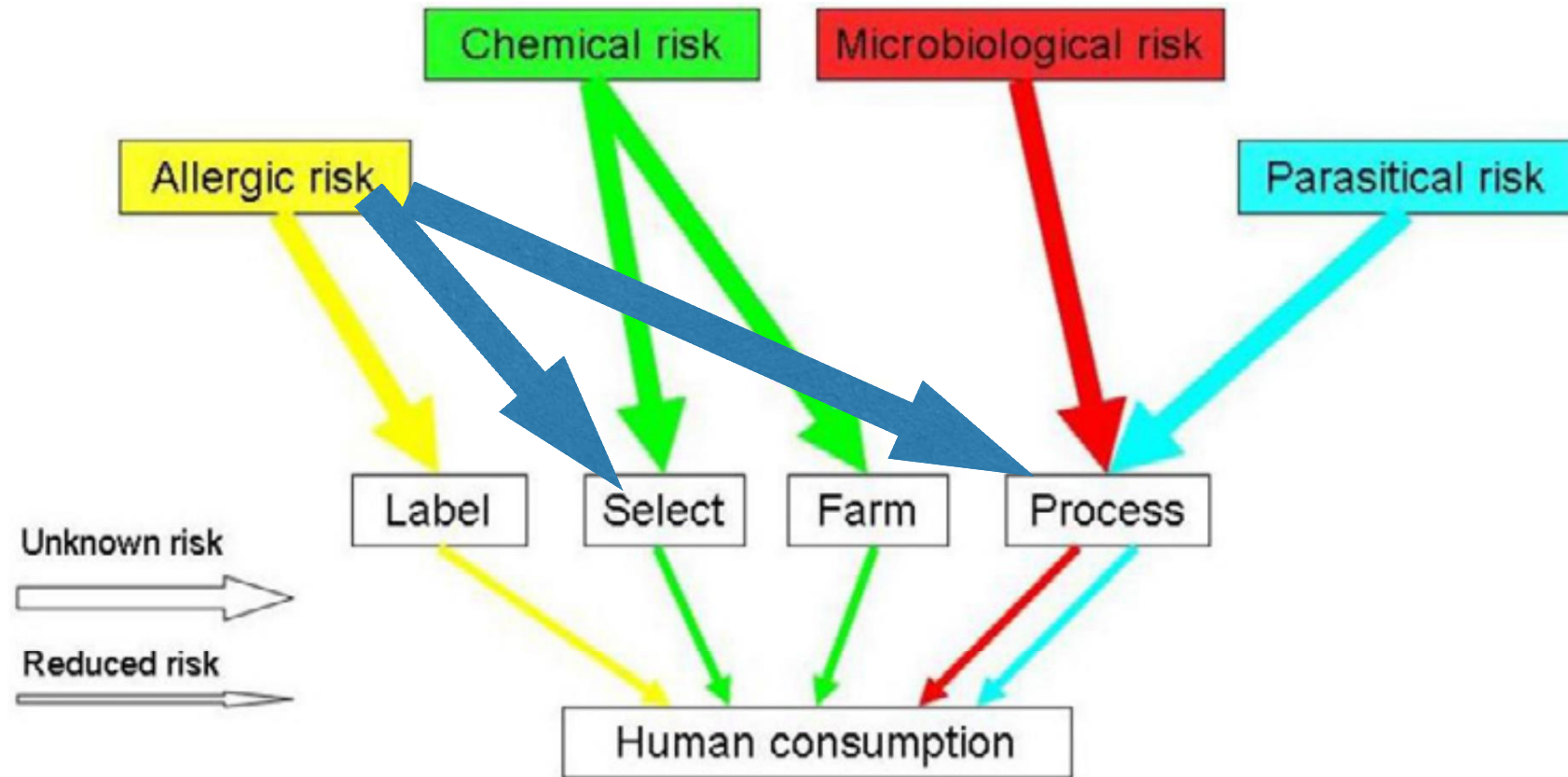


Grillon à ailes courtes



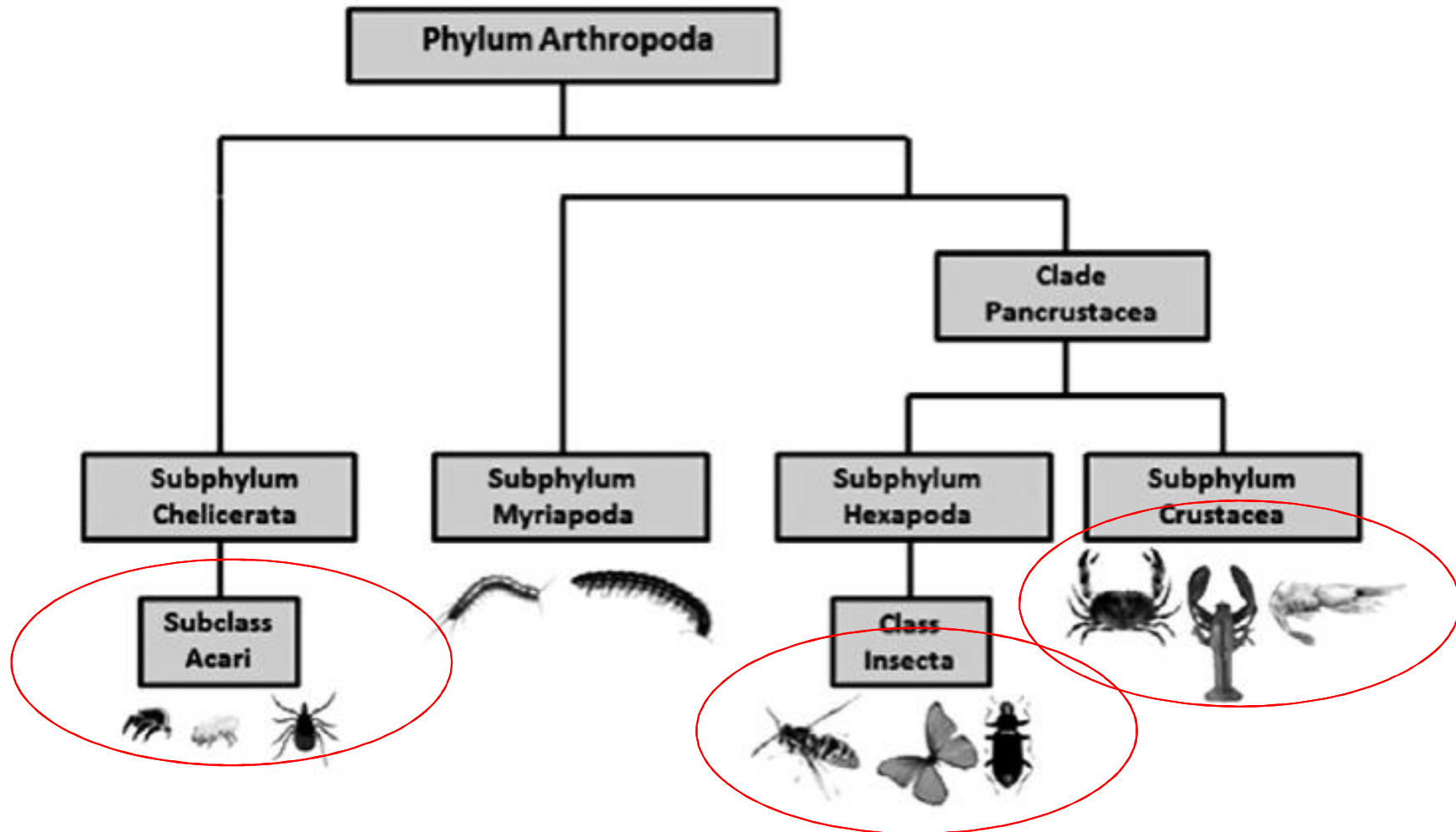
chenille du bombyx

Risques potentiels liés à la consommation d'insectes



Approaches to reduce risks potentially arising from insect consumption.

Les arthropodes



Within the arthropods, several pan-allergens are known, including **tropomyosin** (Reese et al., 1999), **arginine kinase** (Binder et al., 2001) and **glutathione S-transferase** (Galindo et al., 2001).

Allergies et insectes

multiples facettes

À Hyménoptères (guêpes, abeilles) : venin

À Blattes (cafard) : allergies respiratoires

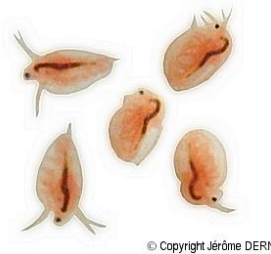
À Allergies professionnelles (rhinite, conjonctivite, asthme, urticaire) :

À Personnel laboratoire

À Animaleries (NAC)

À Agriculteurs, boulangers

À Marins



© Copyright Jérôme DERN

À Allergies liées aux loisirs

À Pêcheurs à la ligne (ver de farine)

À Animaux de compagnies (NAC)



LE CAFARD – Un Américain meurt après avoir ingurgité des insectes



Edward Archbold, 32 ans, a avalé plusieurs douzaines de cafards et de vers lors d'un concours, organisé vendredi par une boutique de reptiles, et dont le premier prix était un python. Mais la compétition terminée, il a été pris de vomissements avant d'être transporté à l'hôpital, où il est mort quelques minutes plus tard. Une autopsie doit encore déterminer les causes exactes de son décès. Le shérif de la ville a déclaré qu'aucun de la trentaine d'autres participants ne s'était trouvé mal.

Allergies alimentaires et insectes

Historique

Réactions anaphylactiques

- Å Anaphylaxie aux vers de farine (Freye et al. 1996)
- Å Choc chez touriste ayant consommé des pupes de ver à soie rôties (2008)
- Å Publications de cas analogues dans revues chinoises (13)
- Å Estimations: environ 1000 cas de réactions anaphylactiques/an aux vers à soie en chine (pupes de ver à soie rôties)
- Å Allergie sévère au ver de palmier (Malaisie)
- Å « Pancake syndrome » : farines contaminées par acariens

Bla g2 : aspartic protease

R. Codina*, C. Jaén, R.F. Lockey

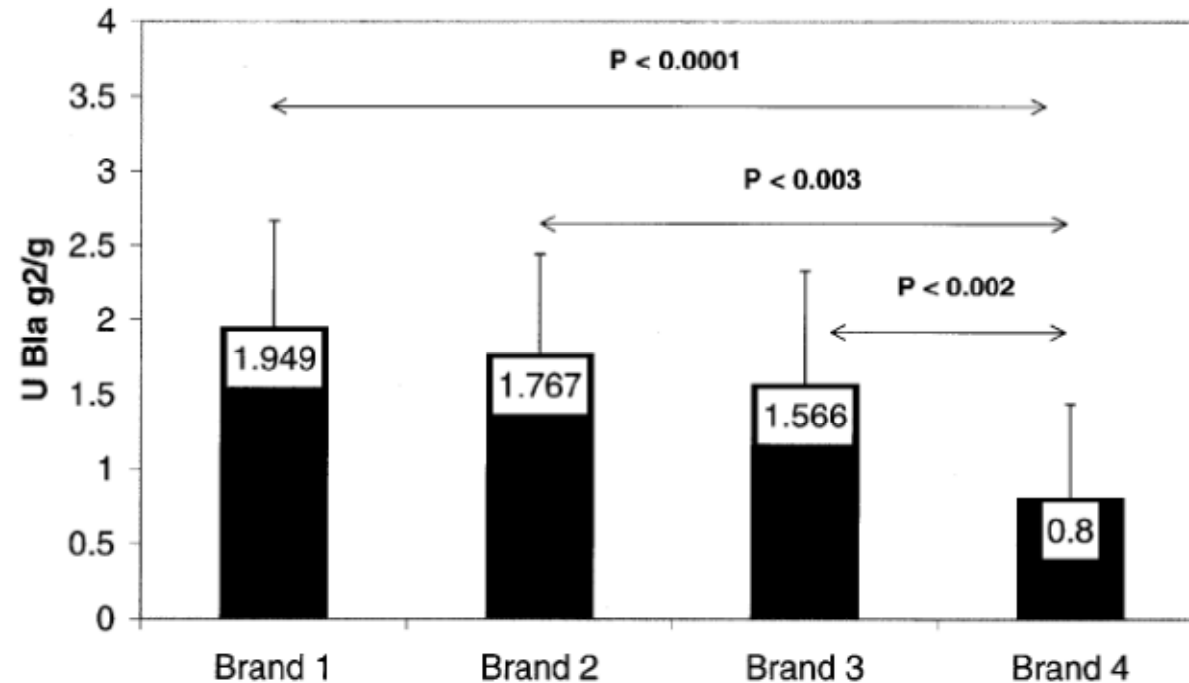


Figure 1. Bla g 2 determination in flour samples from the four commonest brands.

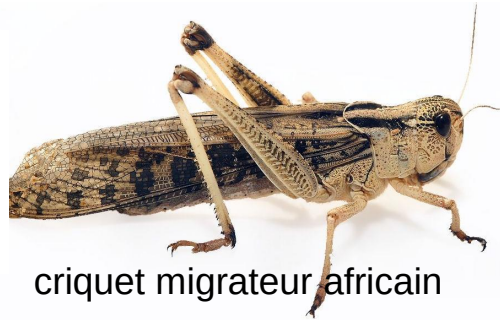
100% des farines contiennent Bla g2 (120 farines de 19 marques)
75% des farines après chauffage 30 min à 180°
20% à une concentration suffisante pour sensibilisation

*Division of Allergy and Immunology
Department of Medicine
University of South Florida and
James A. Haley V.A. Hospital
13000 Bruce B. Downs Blvd. (MDC 19)
Tampa
FL-33612 4745
USA

Les 10 insectes tolérés en Belgique



Le grillon domestique



cricquet migrateur africain



ver de farine
(tenebrio molitor)



ver de farine géant
(Zophobas atratus morio)



ver Buffalo



chenille de la petite fausse teigne



chenille de la fausse teigne



cricquet pèlerin d'Amérique



Grillon à ailes courtes



chenille du bombyx

Risque allergique de *Tenebrio molitor* ?



- Allergies professionnelles aux arthropodes : rhinite, conjonctivite, asthme, urticaire (*Siracusa et al. 2003*)
- Allergie chez pêcheur à la ligne (*Mairesse et al. 2006*)
- Allergie alimentaire: 1 cas d'anaphylaxie décrit (*Freye et al. 1996*)
- Allergies croisées entre arthropodes (*Broekman et al. 2016*)

Allergènes connus

Species	Allergen	Biochemical name	MW(SDS-PAGE)	Food Allergen
Blattella germanica (German cockroach)				
	Bla g 1		46	No
	Bla g 2	Aspartic protease	36	No
	Bla g 3	Hemocyanin	78.9 kDa (by mass spectrometry)	No
	Bla g 4	Calycin	21	No
	Bla g 5	Glutathione S-transferase	23	No
	Bla g 6	Troponin C	21	No
	Bla g 7	Tropomyosin	31	No
	Bla g 8	Myosin, light chain		No
	Bla g 11	Alpha-amylase	57	No

By allergen source (common or scientific name)

Tenebrio molitor

Limit Search To: ☒ All allergens ☐ food allergens ☐ non-food allergens

Biochemical Name

Submit

Search Results: 0

By allergen source (common or scientific name)

Acheta

Limit Search To: ☒ All allergens ☐ food allergens ☐ non-food allergens

Biochemical Name

Submit

Search Results: 0

Allergènes potentiels du Ver de farine

K.C.M. Verhoeckx et al. / Food and Chemical Toxicology 65 (2014) 364–373

371

Table 6

Top five proteins based on score and proteins known to be allergenic (bold) identified in immunoprecipitation extracts of Yellow mealworm.

Protein	LC-MS/MS analysis			Theoretical	
	Accession	Score	Mass (kDa)	No. of peptides (unique/matched)	Sequence coverage (%)
<i>Bead 1: SRN1 + SRN 2 with serum patients 2, 5 and 6</i>					
Arginine kinase	D9YT56	38.49	39.6	2/5	16.06
Myosin heavy-chain like	D6WVJ3	35.23	262.1	15/15	7.13
Titin-like	D6WIF5	15.52	2048.6	7/7	0.44
Actin-87E	B0WEY5	13.53	41.8	4/4	13.83
Limpet-like	D6WJL5	13.40	46.5	5/5	13.55
Beta-tubulin	Q1PC35	10.31	26.8	3/3	13.19
Alpha-amylase	P56634	6.67	51.2	3/3	6.79
Tropomyosin-like	D6X4X2	6.26	75.2	2/2	3.37
Paramyosin	I4DIM8	5.48	102.3	3/3	3.77
Alpha-tubulin (fragment)	I6T3A6	4.83	35.0	2/2	6.07
Cockroach allergen-like protein	Q7YZB8	4.59	65.4	2/2	6.72
Glutathione S-transferase-like	D6WH21	2.00	23.6	2/2	9.31
<i>Bead 2: SRN3 with serum patient 1</i>					
Myosin heavy chain-like	D6WVJ3	975.94	262.1	28/85	29.56
Titin-like	D6WIF5	286.63	2048.6	53/62	4.45
Actin, muscle	E2B152	242.60	41.7	3/14	39.10
Troponin T-like	D6W953	154.25	45.7	15/15	23.30
Tropomyosin-like	D6X4X3	117.99	32.3	7/14	35.56
Paramyosin-like	J3JWD1	75.20	101.9	5/9	10.34
Arginine kinase (fragment)	D5L6P4	26.54	27.0	4/6	31.51
Heat shock protein 70	D2Y0Z5	21.94	71.0	4/6	12.02
Chitinase	Q8MP05	20.78	321.2	8/8	3.56
Troponin C-like	D6WZP8	16.72	17.5	3/6	20.39
Beta-tubulin-like	H9JHY3	14.38	45.5	5/5	13.73
Heat shock protein 90-like	K7IS89	12.05	82.0	3/4	16.34
Alpha-tubulin (fragment)	I6TYI6	10.71	41.4	4/4	5.17
Alpha-amylase	P56634	6.96	51.2	3/3	14.59
Myosin light chain-like	D6WZU7	5.56	31.3	2/2	6.79

Identification was based on homology with known insect sequences. High scores indicate high probability of protein/peptide identification. SRN1 = water soluble fraction, SRN2 = water soluble dialysed fraction, SRN3 = urea soluble fraction.

Table 3

Allergenic proteins characterized in crustaceans and insects.

Allergenic protein	Functions	Molecular weight (kDa)	Species	Common name	References
Arginine kinase	Muscle regulator	~40	(1) <i>Penaeus monodon</i>	Black tiger shrimp	(1) Yu et al. (2003)
		~40	(2) <i>Litopenaeus vannamei</i>	Pacific white shrimp	(2) García-Orozco et al. (2007)
		~40	(3) <i>Fenneropenaeus merguensis</i>	Banana shrimp	(3) Khanaruksombat et al. (2014)
		~40	(4) <i>Blattella germanica</i>	German cockroach	(4) Chuang et al. (2010)
		~40	(5) <i>Plodia interpunctella</i>	Indian meal moth	(5) Binder et al. (2001)
		~40	(6) <i>Bombyx mori</i>	Silkworm	(6) Liu et al. (2009)
		~40	(7) <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	Giant freshwater prawn	(7) Yadzir et al. (2012)
		~40	(8) <i>Macrobrachium lanchesteri</i>	Lanchester's freshwater prawn	In this study
		~40	(9) <i>Gryllus bimaculatus</i>	Field cricket	In this study
Glyceraldehyde 3-phosphate dehydrogenase	Metabolism	~32	(1) <i>Fenneropenaeus merguensis</i>	Banana shrimp	(1) Khanaruksombat et al. (2014)
		~32	(2) <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	Giant freshwater prawn	In this study
Hemocyanin	Oxygen-transport proteins	~75	(1) <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	Giant freshwater prawn	(1) Piboonpocanun et al. (2011)
		~75	(2) <i>Fenneropenaeus merguensis</i>	Banana shrimp	(2) Khanaruksombat et al. (2014)
		~65	(3) <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	Giant freshwater prawn	In this study
		67–77	(4) <i>Macrobrachium lanchesteri</i>	Lanchester's freshwater prawn	In this study
Hexamerin1B	Storage proteins	~60	(1) <i>Gryllus bimaculatus</i>	Field cricket	In this study

Allergènes potentiels du Ver de farine

Table 1

Proteins identified in Yellow mealworm protein extracts.

Protein	Accession	Score	Queries matched	Mass (kDa)	Sequence coverage (%)
<i>Water soluble fractions</i>					
SRN1					
Cationic trypsin	P00760	554	16	26.5	45
Calcium-transporting ATPase sarcoplasmic/ER type	Q292Q0	511	15	109.9	11
Arginine kinase	P48610	438	11	40.1	17
Actin	P49871	366	15	42.1	28
POTE ankyrin domain family member F	A5A3E0	248	9	123.0	6
Tubulin α-1 chain	P06603	219	6	50.6	12
Catalase	P00432	212	3	60.1	3
Alpha-amylase	P56634	196	7	51.7	16
Alpha-actinin	P18091	161	6	107.6	6
Muscle-specific protein 20	P14318	135	2	20.3	7
Glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase	Q28259	127	4	36.1	8
Ovalbumin-like	P01012	127	2	43.2	8
Tubulin β chain	P41386	119	5	38.6	14
Elongation factor 2	P13060	116	2	95.4	3
SRN2					
Cationic trypsin	P00760	496	12	26.5	34
Alpha-amylase	P56634	370	10	51.7	20
Arginine kinase	P48610	344	9	40.1	14
Calcium-transporting ATPase sarcoplasmic/ER type	Q292Q0	316	8	109.9	7
Actin	P49871	313	13	42.1	23
ATP synthase subunit β	Q05825	286	6	54.1	8
14-3-3 protein zeta	Q1HR36	280	4	28.3	21
POTE ankyrin domain family member E	Q6S8J3	225	8	122.9	7
Catalase	P00432	224	3	60.1	3
Alpha-actinin	P18091	153	5	107.6	4
Muscle-specific protein 20	P14318	121	2	20.3	7
<i>Urea soluble fraction (SRN3)</i>					
Myosin heavy chain	P05661	2115	71	225.4	20
Actin	P83969	517	27	42.1	33
Cationic trypsin	P00760	348	11	26.5	20
Larval cuticle protein F1	Q9TXD9	335	7	14.9	51
Larval cuticle protein A1A	P80681	237	8	17.7	33
Late histone H2A	P16886	201	2	13.4	18
Tropomyosin-1	Q1HPU0	200	5	32.6	16
Pupal cuticle protein G1A	P80685	192	4	20.8	11
Ovalbumin-like	P01012	191	3	43.2	8
Tropomyosin-2	Q1HPQ0	154	10	32.8	23
Myosin-2	P12845	134	3	223.0	1

Proteins identified by LC-MS/MS with a score of 100 and higher found in the water soluble protein fraction (SRN1), water soluble dialyzed protein fraction SRN2 and in the urea soluble protein fraction (SRN3). Identification was based on homology with metazoan proteins in Swiss Prot database. Putative allergens are listed in bold.

Les allergènes connus



Pan-Allergènes

Responsables d'allergies croisées
entre arthropodes (et autres invertébrés)

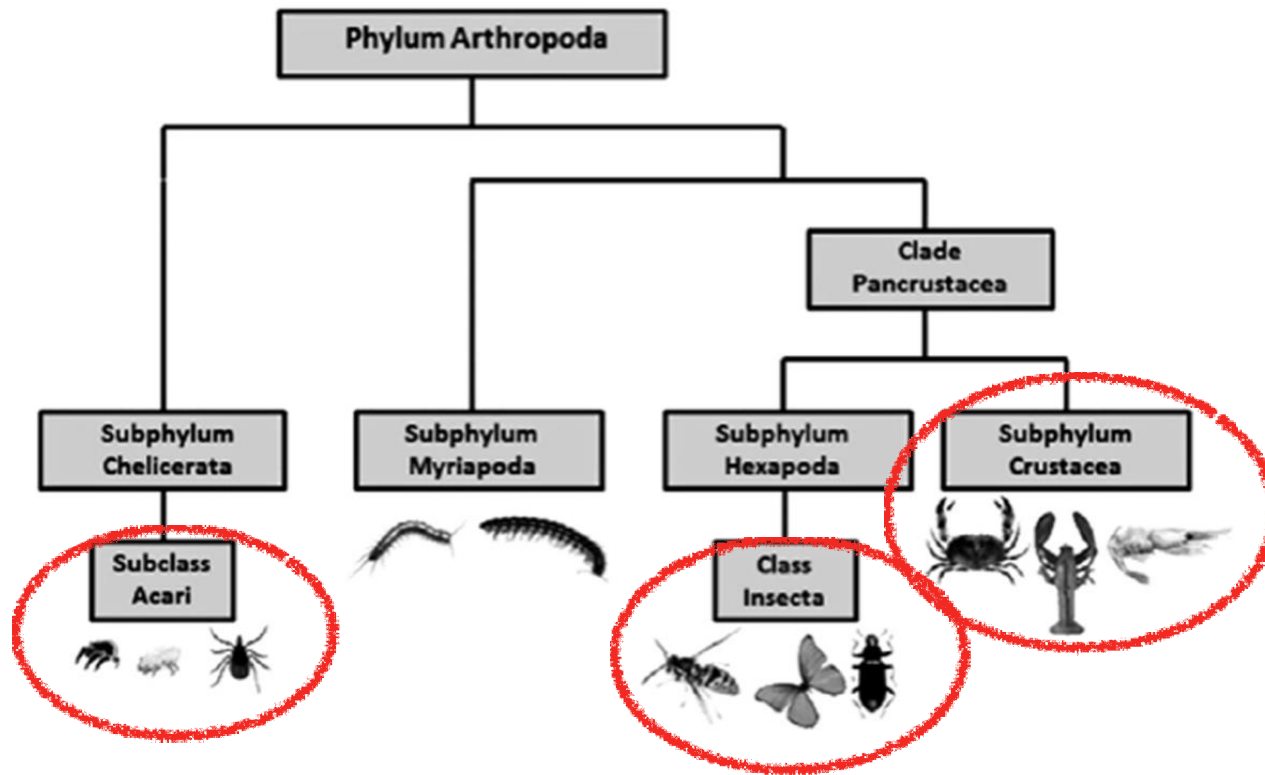
- Tropomyosine
- Arginine kinase
- glutathione S-transferase

Allergènes spécifiques d'espèces

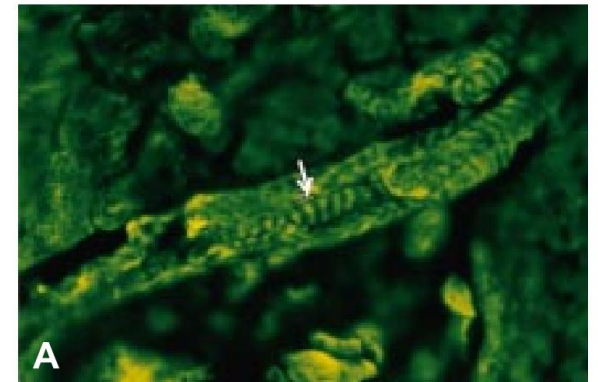
Responsables de néo-allergies

?

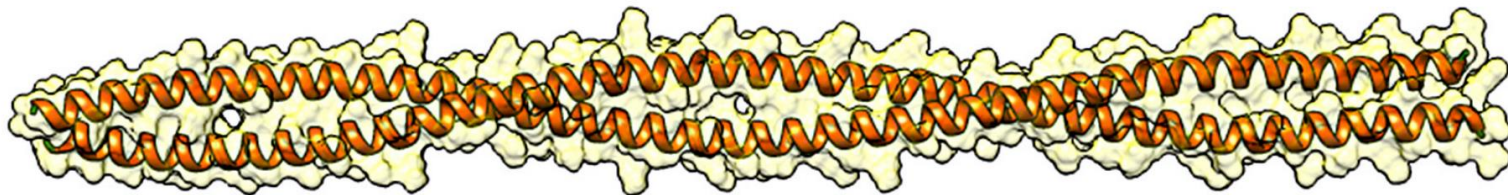
Pan-allergènes: Tropomyosines



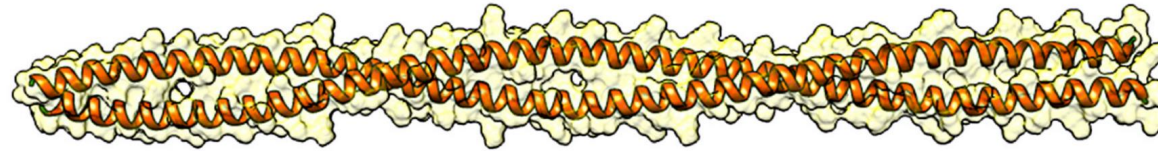
Muscles de blatte
+ ac anti Der p 10



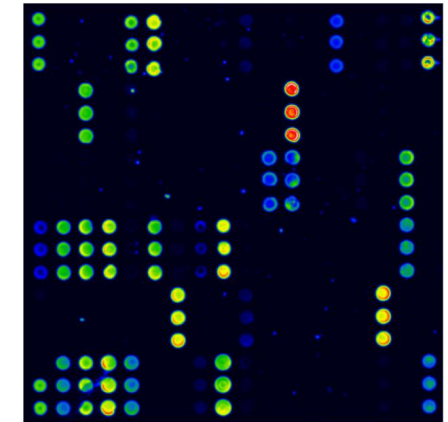
+ Mollusques: huîtres,
calamar,
+ Nématodes : anisakis



Séquences protéiques des tropomyosines



	1	10	20	30	40	50	60
Blag7	KKIQQI	ENDL	DOTM	EOLM	QVNA	KLDE	KDKAL
Penm1	KRMQQI	ENDL	DQVQ	ESLL	KANI	QLVE	KDKAL
Derp10	KKIQQI	ENFL	DQVQ	EQLS	AANT	KLEE	KEKAL
Bombyx	KKLAQV	EEDLI	LNKN	KLEQ	ANKD	LEEKE	KQLT
	70	80	90	100	110	120	
Blag7	TATAKLA	EASQA	ADESER	ARKILE	SKGL	ADEER	MDALEN
Penm1	TATIKLA	EASQA	ADESER	MRKVL	ENRSL	SDEER	MDALEN
Derp10	IATAKLE	EASQS	ADESER	MRKML	LEHRS	ITDEE	RMEGLE
Bombyx	TAQQKL	LEAQS	ADENNR	MCKVL	ENRAQ	QDEER	MDQLT
	130	140	150	160	170	180	
Blag7	KLAMVE	ADLER	AEERA	ETGES	KIVELE	EEELRV	VGNLKS
Penm1	KLAMVE	ADLER	AEERA	ETGES	KIVELE	EEELRV	VGNLKS
Derp10	KLAMVE	ADLER	AEERA	ETGES	KIVELE	EEELRV	VGNLKS
Bombyx	KLAFVE	DELEVA	EDRVKS	GDAKIS	ELEEEL	KVVGNS	LKSLEV
	190	200	210	220	230	237	
Blag7	LNTRLK	EAEAR	AFAERS	VQKLQ	KEVDR	LEDEL	VHEKEKY
Penm1	LTNKLK	AAEAR	AFAERS	VQKLQ	KEVDR	LEDEL	VNEKEKY
Derp10	MTTKLK	EAEAR	AFAERS	VQKLQ	KEVDR	LEDEL	VHEKEKY
Bombyx	LTGKLK	EAEAR	AFAERS	VQKLQ	KEVDR	LEDEL	GINKDRY



Pen m1
Der p10
Bla g7
Ani s3

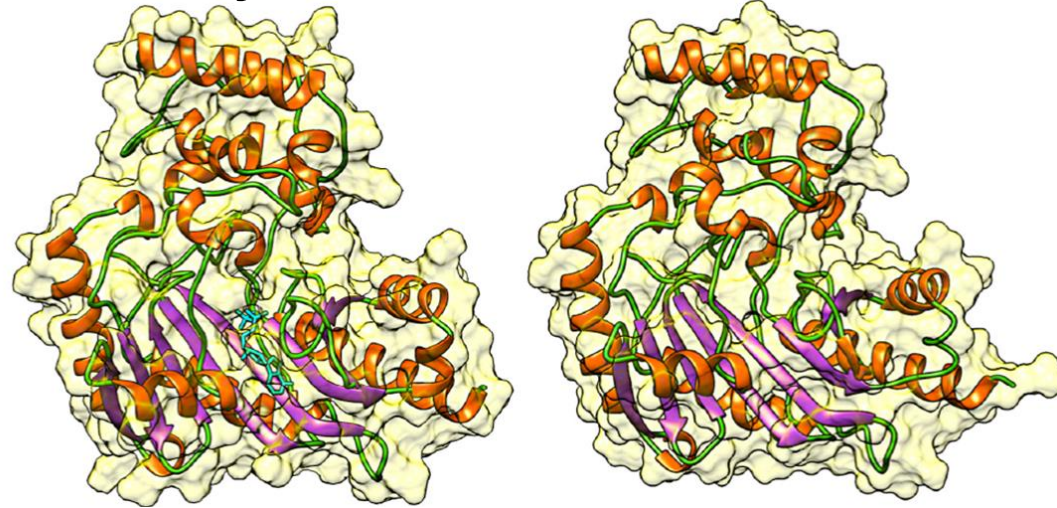
Pas de réactivité croisée avec tropomyosines de vertébrés (viandes animales, poissons)

Alignement des séquences de la tropomyosine du ver à soie *Bombyx mori* (*Bombyx*) avec les tropomyosines de la blatte européenne *Blattella germanica* (*Bla g 7*), de la crevette tigrée *Penaeus monodon* (*Pen m 1*) et de l'acarien *Dermatophagoides pteronyssinus* (*Der p 10*). Les acides aminés identiques sont en lettres blanches sur fond noir et les acides aminés homologues en lettres noires sur fond gris.

Arginine Kinase

Bombyx

Crabe



	1	10	20	30	40	50
Bombm1	KLEAGFSK	LOGS	DSKSLKKYL	TREVFD	SLKNKT	SFGSTLLDCIQSGVENLD
Blag9	KLEAGFAK	LAAS	DSKSLKKYL	TREVFD	NLKKTP	FGSTLLDVIOSGTENHDSGVGI
Penm2	KLEAGFK	KLEA	IDS	SKSLKKYL	SKAVFD	QDKKKT-SLGATLLDVIOSGVENLD
Derp20	KLEAGFQ	KLQNA	DC	HSLKKYL	TRDVFD	QDKKKT-DMGATLLDVIOSGVENLD

	60	70	80	90	100	110
Bombm1	YAPDAESY	SVFAEL	FDP	IIEDYH	NGF	KKTDKHPPKNWGDVDTLGNLDPAGEE
Blag9	YAPDAEAY	TVFAD	LFD	PIEDYH	CGF	KKTDKHPPKDWGEVDTLGNLDPAGEE
Penm2	YAPDAEAY	TVFAD	LFD	PIEDYH	CGF	KKTDKHPPKDWGEVDTLGNLDPAGEE
Derp20	YAPDAESY	SVFAEL	FDP	IIEDYH	NGF	KKTDKHPPKNWGDVDTLGNLDPAGEE

	120	130	140	150	160	170
Bombm1	GRSLEGYP	FPNCLTES	QYKEMED	KVSGTLSS	LEGELKGT	FYPLTGMSKETQQQLIDDHFL
Blag9	GRSMQGY	FPNCLTEA	QYKEMED	KVSS	TLSSLEGELKGT	FYPLTGMTKEAQOKLIDDHFL
Penm2	GRSMQGY	FPNCLTEA	QYKEMED	KVSS	TLSSLEGELKGT	FYPLTGMTKEAQOKLIDDHFL
Derp20	GRSLNGYP	FPNCLTEA	QYKEMED	KVSGTLSS	LEGELKGT	FYPLTGMSKETQQQLIDDHFL

	180	190	200	210	220	230
Bombm1	FKEGDRFL	QAANAC	RFPWPT	TGRGIY	HNENKT	FLVWCNEEDHLRIISMQMGDL
Blag9	FKEGDRFL	QAANAC	RFPWPT	TGRGIY	HNENKT	FLVWCNEEDHLRIISMQMGDL
Penm2	FKEGDRFL	QAANAC	RFPWPT	TGRGIY	HNENKT	FLVWCNEEDHLRIISMQMGDL
Derp20	FKEGDRFL	QAANAC	RFPWPT	TGRGIY	HNENKT	FLVWCNEEDHLRIISMQMGDL

	240	250	260	270	280	290
Bombm1	SAVNEIEK	KIPF	SHHDL	RGFL	TCPTNL	GGTVRASVHIKPKLAADKKKLEEVASKY
Blag9	SAVNEIEK	KIPF	SHHDL	RGFL	TCPTNL	GGTVRASVHIKPKLAADKKKLEEVASKY
Penm2	SAVNEIEK	KIPF	SHHDL	RGFL	TCPTNL	GGTVRASVHIKPKLAADKKKLEEVASKY
Derp20	SAVNEIEK	KIPF	SHHDL	RGFL	TCPTNL	GGTVRASVHIKPKLAADKKKLEEVASKY

	300	310	320	330	340	347
Bombm1	VRGTRGEH	TEAEGG	VYDIS	NKRRM	GLTEY	DAVKEMNDGIAELIKIEKSL
Blag9	VRGTRGEH	TEAEGG	VYDIS	NKRRM	GLTEY	DAVKEMNDGIAELIKIEKSL
Penm2	VRGTRGEH	TEAEGG	VYDIS	NKRRM	GLTEY	DAVKEMNDGIAELIKIEKSL
Derp20	VRGTRGEH	TEAEGG	VYDIS	NKRRM	GLTEY	DAVKEMNDGIAELIKIEKSL

Allergies croisées entre arthropodes

- Å Within the arthropods, several pan-allergens are known, including tropomyosin (Reese et al., 1999), arginine kinase (Binder et al., 2001) and glutathione S-transferase (Galindo et al., 2001).
- Å For these allergens, cross-reactivity has been observed not only between species within the same subphylum, but also between species from different arthropod subphyla, for example between crustacean species (e.g. shrimp, crab), chelicerates (e.g. mites) and several insects species (Binder et al., 2001; Galindo et al., 2001; Liu et al., 2009; Santos et al., 1999).
- Å These findings suggest that people with a crustacean- or HDM allergy might experience allergic reactions upon consumption of Yellow mealworm

La majorité des patients allergiques aux crustacés et acariens sont allergiques au ver de farine.

Parmi 15 patients allergiques à la crevette (histoire clinique + tests cutanés positifs)
dont 10/15 sont sensibilisés à Pen m1 et 6/15 à Pen m2:

9/15 : sIgE positive contre le ver de farine

15/15 : test cutané positif au ver de farine

11/11: BAT positif au ver de farine

Confirmé chez 13/15 patients par des tests de provocation orale positifs au ver de farine

Immunoblot Blot ver de farine:

14/15 sensibilisés à la **tropomyosine** et/ou l'**arginine kinase** (10/15)

→ Les pan-allergènes communs aux insectes, crustacés, acariens, mollusques et nématodes tels que la tropomyosine et l'arginine kinase sont susceptibles de donner des réactions croisées.

[Broekman H et al. J Allergy Clin Immunol. 2016](#)

Profil de sensibilisation des sujets allergiques aux Crustacés et Acariens

Sensitisation pattern of the different patients tested in this study.

Patient	Other ^a arthropods Tropomyosin	HDM Tropomyosin	HDM ^b	Fish Parvalbumin	Milk ^c	Egg ^d	Pollen ^e	Peanut ^f	PR-10 ^g Food
<i>Shrimp/Lobster/HDM allergy</i>									
Patient 1	3	3	3	3	1	0	3	0	3
Patient 2	3	3	3	0	0	0	3	0	1
Patient 3	2	2	0	1	0	0	3	3	1
Patient 4	3	3	3	0	2	2	3	3	3
Patient 5	3	3	3	0	2	2	3	0	3
Patient 6	2	2	0	0	2	3	3	3	2
Patient 7	2	2	3	2	1	1	3	3	3
<i>Grass pollen + food allergy</i>									
Patient 8	0	0	0	1	0	0	3	0	1
Patient 9	0	0	0	1	0	0	3	0	3
Patient 10	0	0	0	0	0	0	3	0	0
<i>Grass pollen without food allergy</i>									
Patient 11	0	0	0	1	0	0	3	1	0
Patient 12	0	0	0	1	0	0	3	0	0
Patient 13	0	0	0	0	0	0	3	2	0
<i>Peanut allergy</i>									
Patient 14	0	0	1	0	0	0	0	2	0
Patient 15	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Patient 16	0	0	1	0	0	0	1	3	0
<i>Fish allergy</i>									
Patient 18	0	0	3	2	0	0	2	0	1
Patient 19	0	0	3	3	0	0	3	0	3
Patient 20	0	0	0	2	0	0	0	0	0
<i>Egg/milk allergy</i>									
Patient 21	0	0	0	0	1	2	3	0	3
Patient 22	0	0	3	0	2	2	3	0	2
Patient 23	0	0	0	0	2	0	0	0	0

IgE antibody levels correspond to ISAC Standardised Units (ISU) as follows: 0 (undetectable of very low, <0.3 ISU); 1 (low, ≥0.3–<1 ISU); 2 (moderate to high, ≥1–<15 ISU); 3 (very high, ≥15ISU).

^a Pen a 1, Pen i 1, Pen m 1, Bla g 7, Ani s 3.

^b Der p 1, Der p 2, Der f 1, Der f 2, Eur m 2.

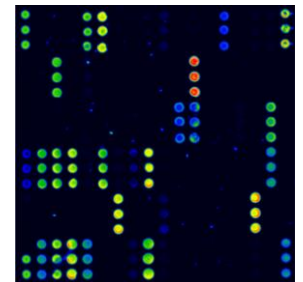
^c β-lactoglobulin, casein, lactoferrin.

^d ovomucoid, ovalbumin.

^e Cyn d 1, Phl p 1, Phl p 2, Phl p 4, Phl p 5, Phl p 6, Phl p 11, Phl p 12, Bet v 1, Aln g 1, Cor a 1.0101.

^f Ara h 1, Ara h 2, Ara h 3.

^g Ara h 8, Cor a 1.0401, Act d 8, Api g 1, Dau c 1, Gly m 4, Mal d 1, Pru p 1.



EntomoFood

Spin-off < Agro-bio tech, Gembloux,
ULg

Production de protéines d'insectes alimentaires

→ Alimentation animale



Entomologie fonctionnelle et évolutive

Gembloux Agro-Bio Tech

Université de Liège

Buts de l'étude:

1. Déterminer l'allergénicité potentielle de *Tenebrio Molitor* ou de ses produits dérivés destinés à la consommation humaine
2. Identifier les allergènes impliqués
3. Développer tests laboratoire plus ciblés

Sujets étudiés n=35

Membres d'un département d'entomologie universitaire.

Unité de production d'extraits protéiques de *Tenebrion* et de Grillons commun

= Exposition professionnelle, essentiellement aérienne et cutanée

Méthodes utilisées

Å Les prick tests avec 2 extraits de *Tenebrio molitor*:

Å extrait préparé au départ des insectes complets grillés (10 min à 200°)

Å extrait protéique délipidé à partir d'insectes lyophilisés (80% de protéines)

Å Dosages sIgE ver de farine

(ImmunoCAP Thermo scientific, o211, Mealworm)

Å Immunoblot avec extrait protéique délipidé

Å Dosage sIgE contre extrait protéique biotinylé (CAP
streptavidine, Thermofisher)

Å Tests d'activation des basophiles des sujets exposés

N°	Dpt (d1)	Ten Molitor (021 1)	Blatte (i6)	Crevette (P24)	rPen a1	Derp 10	Pen m2	TC Tm larve cuites	TC Tm extrait protéique	TC Ad	
1	14.9	0.17	0.64	2.63	0.74	0.43		Pos	Neg	Neg	Non symptomatiques
2	26.2	0	0.03	0.03	0.01	0		Neg	Neg	Neg	
3	0.2	0.03	0.17	0.13	0.02	0.01		Neg	Neg	Neg	
4	0.64	0	0.11	0.13	0	0		Neg	Neg	Neg	
5	5.79	0.15	2.77	0.53	0	0		Neg	Neg	Neg	
6	0.09	0	0.05	0.01	0	0		Neg	Neg	Neg	
7	0.04	0	0.02	0	0	0		Neg	Neg	Neg	
8	0.3	0	0.03	0.01	0	0		Neg	Neg	Neg	
9	0.11	0	0.05	0.04	0	0		Neg	Neg	Neg	
10	14.2	0.01	0.06	0.08	0.02	0		Neg	Neg	Neg	
11	0.4	0.03	0.14	0.03	0	0		Neg	Neg	Neg	
12	0.09	0.02	0.1	0.07	0	0		Neg	Neg	Neg	
13	0.08	0	0.05	0.05	0.01	0		Neg	Neg	Neg	
14	59.7	0.04	0.21	0.08	0.01	0.01		Neg	Neg	Neg	
16	12.2	0.02	0.19	0.3	0	0		Neg	NI	NI	
17	0.3	0	0.03	0.01	0	0		Neg	Neg	Neg	
18	0.06	0	0.05	0.03	0	0		Neg	Neg	Neg	
19	0.02	0	0.03	0.01	0	0		Neg	Neg	Neg	
20	0.04	0.03	0.22	0.04	0	0		Neg	Neg	Neg	
21	0.06	0	0.05	0.03	0	0		Neg	NI	NI	
22	0.49	0	0.07	0.03	0	0		Neg	Neg	Neg	
23	0.03	0	0.03	0.01	0	0		Neg	Neg	Neg	
24	0.04	0	0.03	0.01	0	0		Neg	Neg	Neg	
25	2.82	0	0.04	0.03	0	0		Neg	Neg	Neg	
26	0.03	0	0.03	0.01	0	0		Neg	Neg	Neg	
27	1.73	0.54	3.5	0.7	0.07	0.11		Neg	Neg	Neg	
28	0.13	0	0.02	0.01	0	0		Neg	Neg		
32	652	0.22	2.85	1.57	0.08	0.13		Neg	Neg	Pos	
40	0.24	0.72	25.1	0.15	0.01	0.02	0.1	Pos	Pos	Pos	Symptomatiques
41	5.8	5.6	0.51	3.49	0.04	0.06	7.85	Pos	Pos	Pos	
42	33.1	0.14	1.41	0.69	0.01	0.01	0.19	Neg	Neg	Neg	
43	4.21	0.01	1.54	1.5	0.02	0	0.02	Dout	Dout	Neg	
44	6.35	0.03	0.09	0.2	0	0.02	0.09	Neg	Neg	Neg	
48	0.06	2.51	1.02	0.26	0.02	0.02		Dout	Dout	Neg	

35 sujets exposés

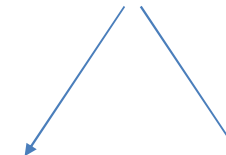


6 sensibilisés à Tm : 5
TC + et 4 sIGE Tm+



4 co-sensibilisés
DPT , crevette, blatte

2 co-sensibilisés
blatte



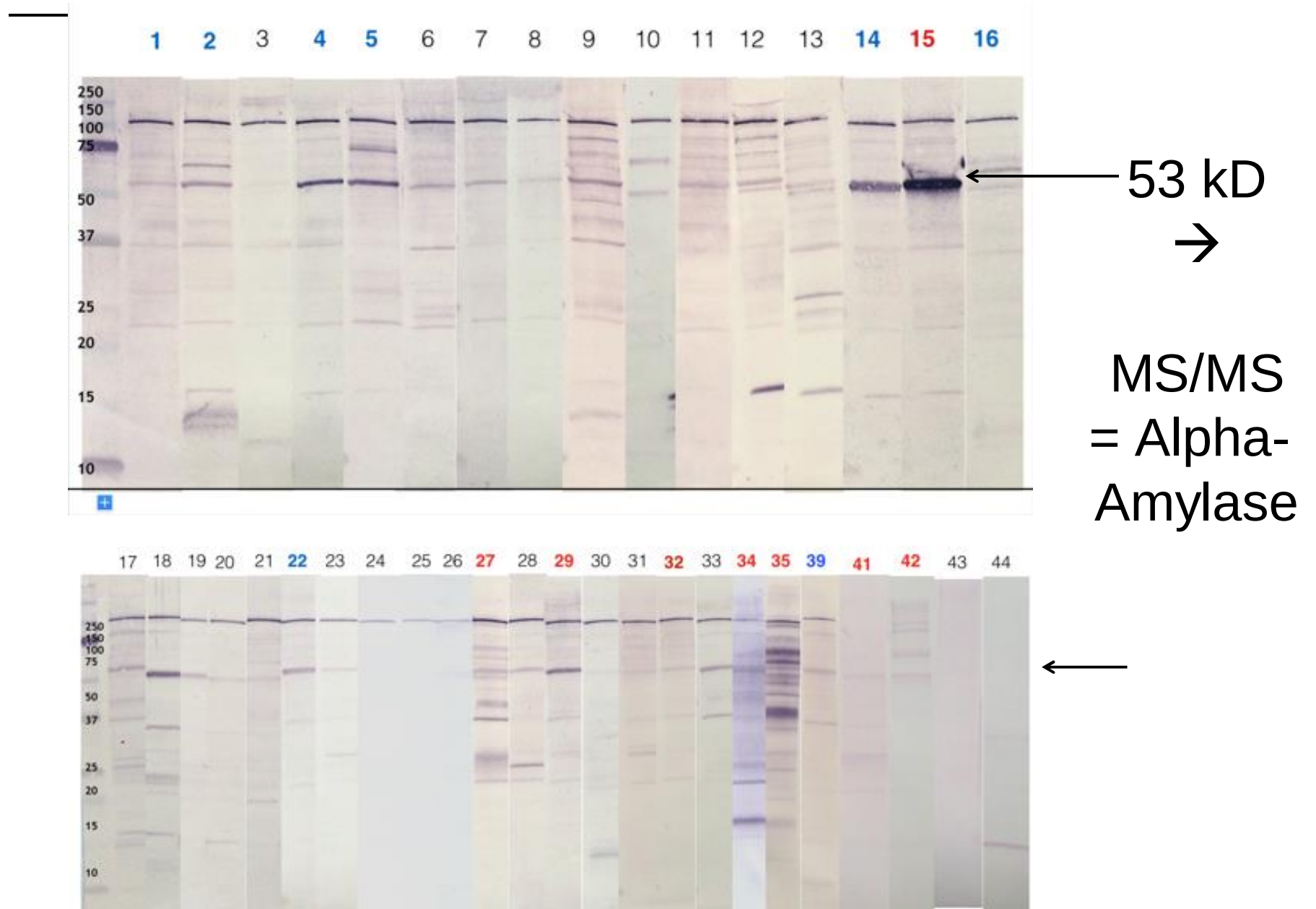
1 tropomyosine

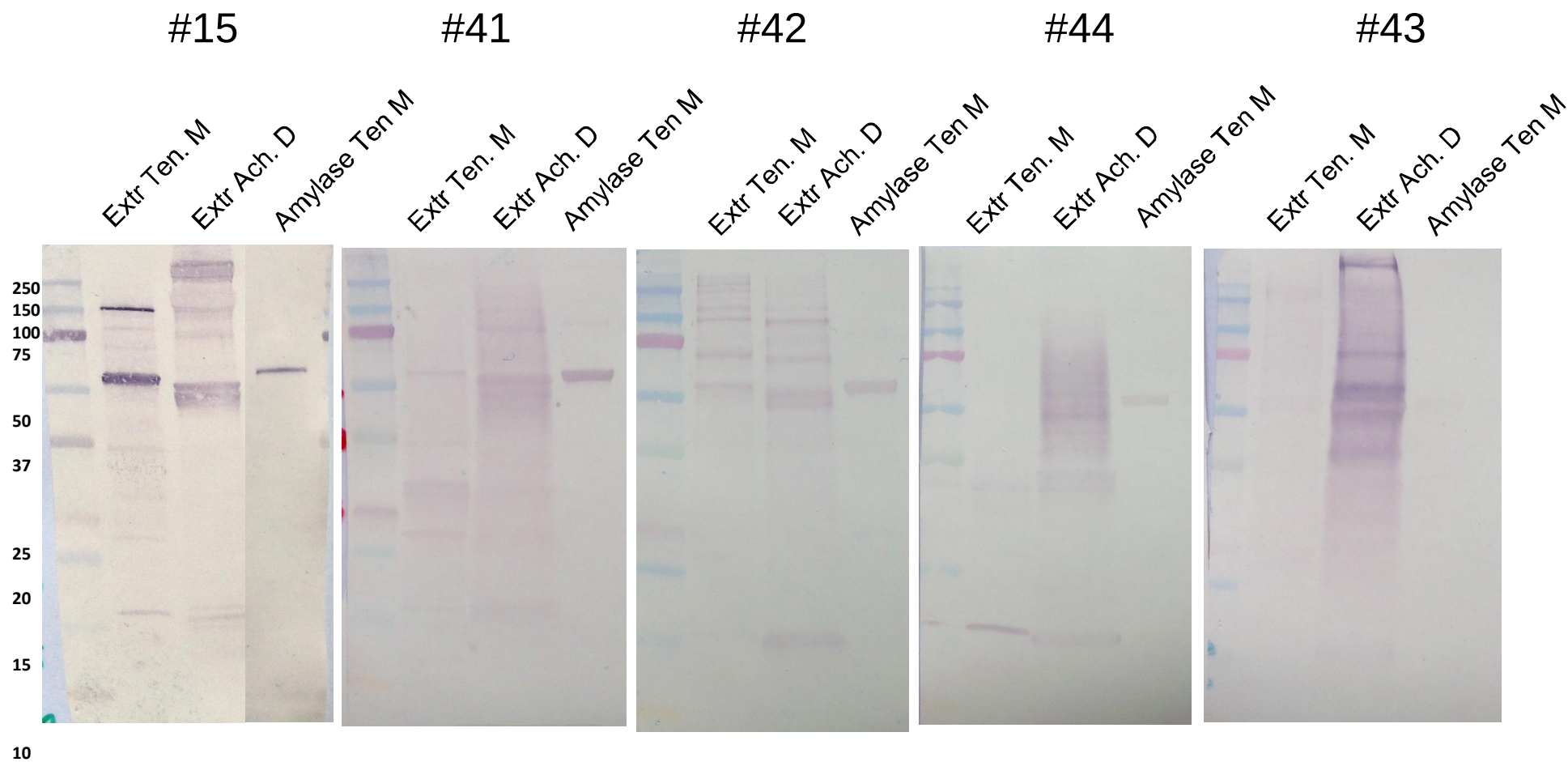
1 Arginine
kinase

	ATCD	Symptômes suite à une exposition professionnelle
40	-	Asthme, rhinoconjonctivite
41	Rhinite allergique (poussières)	rhinoconjonctivite , urticaire de contact
42	Rhinite allergique saisonnière	rhinoconjonctivite (parfois)
43	-	rhinoconjonctivite (parfois)
44	Rhinite allergique saisonnière + Asthme (DPT)	rhinoconjonctivite
48	Rhinite allergique saisonnière	rhinoconjonctivite , asthme, syndrome oral

6 sont symptomatiques sur le lieu de travail et chez 4 d'entre eux les symptômes sont clairement liés à l'exposition aux TM.

Immuno-empreintes IgE/extrait de Tenebrio Molitor





BAT

Ten M Extr.83%
Amylase 82%

Ten M Extr.92%
Amylase 74%

Ten M Extr.69%
Amylase 6%

Ten M Extr.85%
Amylase 72%

Ten M Extr.94%
Amylase 94%

SPT

5mm

4mm

Neg

Neg

Doubt

Clinical
symptoms

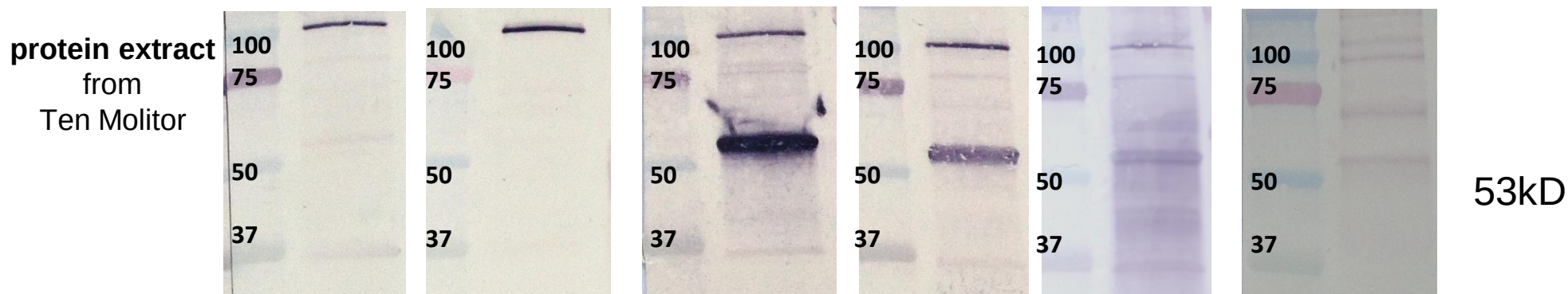
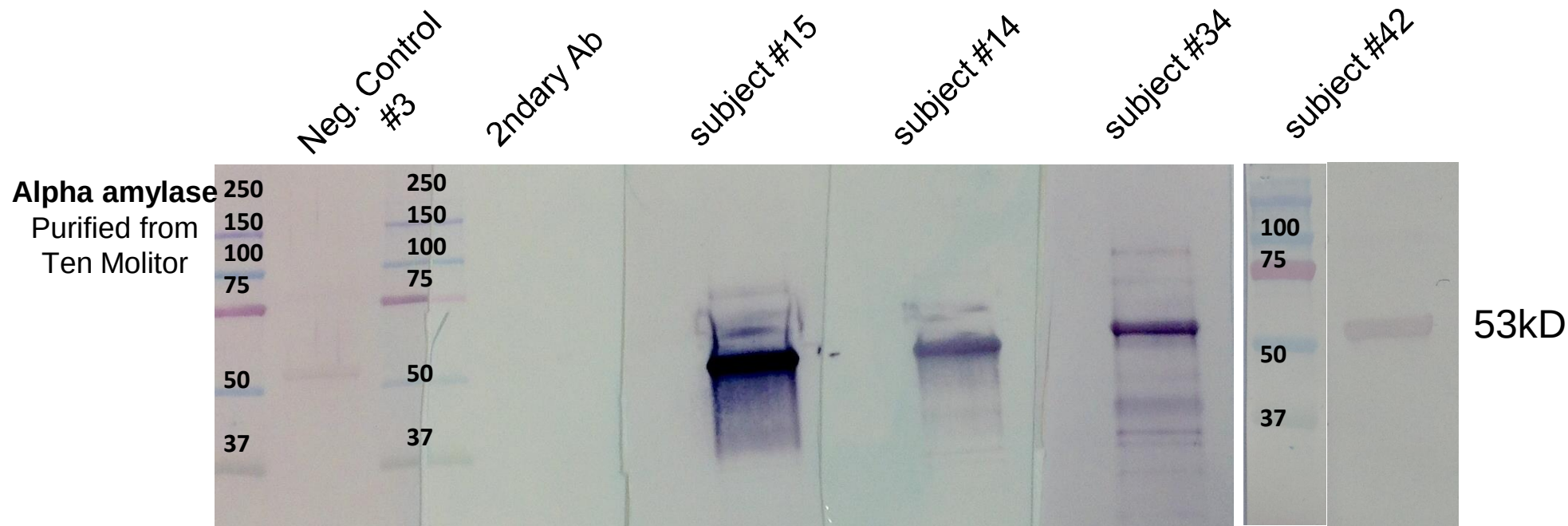
++

++

+/-

+

+/-



Specific IgE

IgE: 478
Dpt : 0.23
Ten Molitor : 0.49
Blatte : 12.7
Crevette : 0.15
rPen a1 : 0.01
Derp10 : 0.01

IgE: 70.4
Dpt : 59.7
Ten Molitor : 0.04
Blatte : 0.21
Crevette : 0.08
rPen a1 : 0.01
Derp10 : 0.01

IgE: 2403
Dpt : 24.9
Ten Molitor : 3.03
Blatte : 19
Crevette : 18
rPen a1 : 1.61
Derp10 : 2.5

N°	Dpt (d1)	Ten Molitor (0211)	Blatte (16)	Crevette (24)	rPen a1	Derp10	Pen m2	Amylase Ten Mol	Amylase blatte	Sympto- matiques
40	0.24	0.72	25.1	0.15	0.01	0.02	0.1	11.3	0.06	
41	5.8	5.6	0.51	3.49	0.04	0.06	7.85	0.11	0.03	
42	33.1	0.14	1.41	0.69	0.01	0.01	0.19	0.02	2.96	
43	4.21	0.01	1.54	1.5	0.02	0	0.02	0.03	0.01	
44	6.35	0.03	0.09	0.2	0	0.02	0.09	0.00	0.28	
48	0.06	2.51	1.02	0.26	0.02	0.02				

→ ImmunoCAP streptavidine couplé à l'alpha amylase biotinylée a également confirmé la présence d'IgE contre cette protéine, pas de réactivité chez ce patient avec l'amylase de la blatte

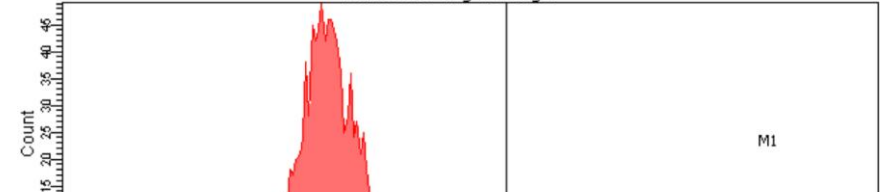
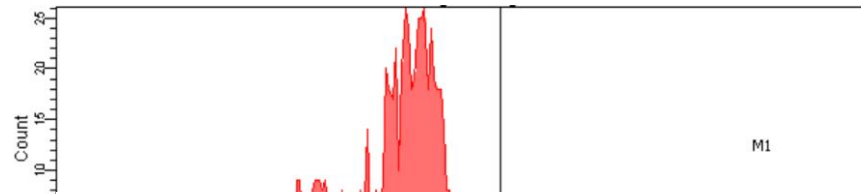
Tests activation des basophiles

Sujet #15/40

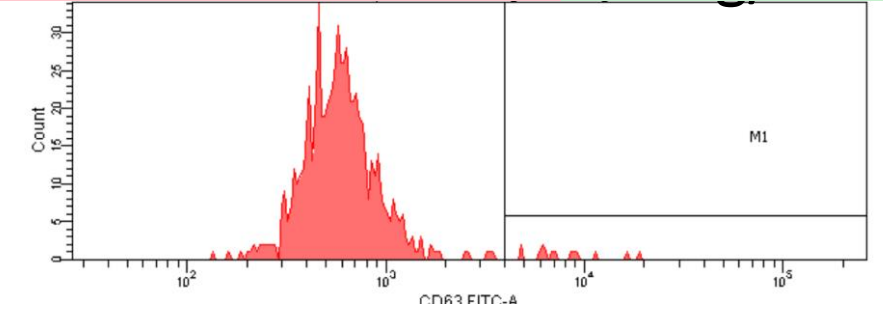
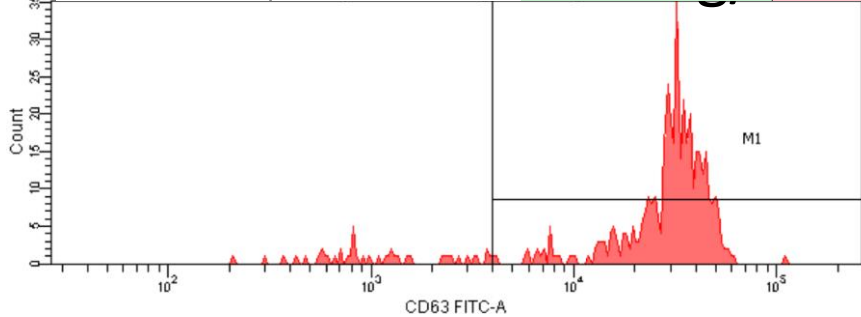
Contrôle

Sujet témoin

Contrôle négatif

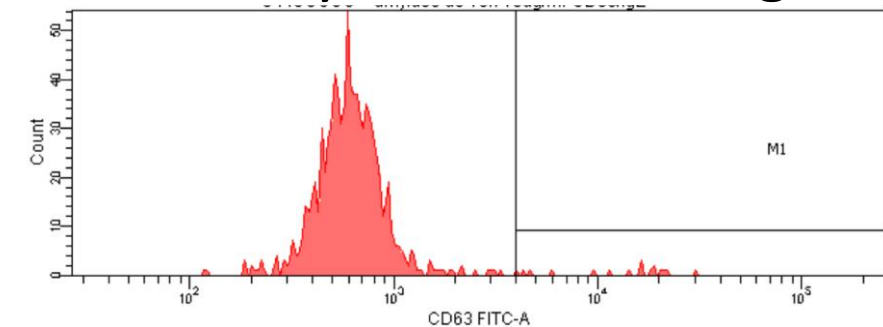
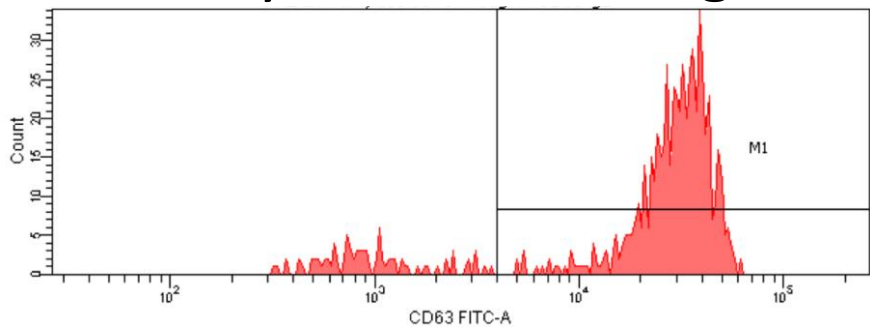


Patient	BAT/Tem neg	BAT Tem pos	BAT Ten M extr	BAT Ach D Extr	BAT/Amyl Ten M	BAT/ Amylase Bla g
40	2	14	83	87	82	1.4



Amylase TM 10 mcg/ml

Amylase TM 10 mcg/ml

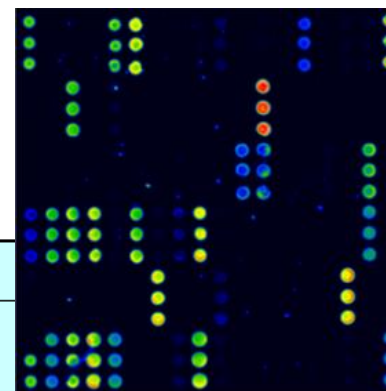


Allergies et arthropodes

Tests biologiques disponibles

i6	Blatella germanica (Cafard)	f23	Cancer pagurus Crabe
i8	Bombyx mori (Ver à soie)	f24	Pandalus borealis Crevette
i70	Solenopsis invicta (Fourmi rouge)	f80	Homarus gammarus Homard
i71	Aedes communis (Moustique)	f320	Astacus astacus Ecrevisse
i72	Cladotanytarsus Lewisi (Mouche du Soudan)		
i73	Chironomus thummi (C. riparius) (Larve rouge de moustique)	o202	Artemia salina
i76	Trogoderma angustum (Coléoptère)	o207	Daphnia
i202	Sitophilus granarius (Charançon du blé)	o211	Tenebrio molitor Mealworm
i203	Ephestia (syn. Anagasta) Ephestia	f340	Cochenille (rouge Carmin)
i204	Tabanus spp (Taon)		
i205	Bombus terrestris (Bourdon)		
i206	Periplaneta americana		
i207	Blatta orientalis		
d1	Dermatophagoides pteronyssinus (Acarien de maison)		
d2	Dermatophagoides farinae (Acarien de maison)		
d3	Dermatophagoides microceras (Acarien de maison)		
D74	Euroglyphus maynei (Acarien de maison)		
d70	Acarus siro (Acarien de stockage)		
d71	Lepidoglyphus destructor (Acarien de stockage)		
d72	Tyrophagus putrescentiae (Acarien de stockage)		
d73	Glycyphagus domesticus (Acarien de stockage)		
d201	Blomia tropicalis		

o202 *Artemia salina*
o207 *Daphnia*
o211 *Tenebrio molitor* Mealworm



Tech				
ISAC 112	ImmunoCAP	SOURCE	COMPONENT	PROTEIN FAMILY OR FUNCTION
	r	<i>Shrimp</i>	Pen a 1	Tropomyosin
n		<i>Shrimp</i>	Pen m 1	Tropomyosin
n		<i>Shrimp</i>	Pen m 2	Arginine kinase
n		<i>Shrimp</i>	Pen m 4	<i>Sarcoplasmic</i> Calcium binding protein
r		<i>Blomia</i>	Blo t 5	Group 5 mite allergen
n		<i>Dermatophagoides</i>	Der f 1	Cysteine protease
r		<i>Dermatophagoides</i>	Der f 2	NPC2 family
n	r	<i>Dermatophagoides</i>	Der p 1	Cysteine protease
r	r	<i>Dermatophagoides</i>	Der p 2	NPC2 family
r	r	<i>Dermatophagoides</i>	Der p 10	Tropomyosin
r		<i>Lepidoglyphus</i>	Lep d 2	NPC2 family
r		<i>Cockroach</i>	Bla g 1	Cockroach group 1
r		<i>Cockroach</i>	Bla g 2	Aspartic protease
r		<i>Cockroach</i>	Bla g 5	Glutathione S-transferase
n		<i>Cockroach</i>	Bla g 7	Tropomyosin
OTHERS				
r	r	<i>Honey bee</i>	Api m 1	Phospholipase A2
n		<i>Honey bee</i>	Api m 4	Melittin
	r	<i>Honey bee</i>	Api m 10	Icarapin
r	r	<i>Paper wasp</i>	Pol d 5	Antigen 5
	r	<i>Common wasp</i>	Ves v 1	Phospholipase A1
r	r	<i>Common wasp</i>	Ves v 5	Antigen 5
r		<i>Anisakis</i>	Ani s 1	Serine protease inhibitor
r		<i>Anisakis</i>	Ani s 3	Tropomyosin

Conclusions I

- ❑ **Immunoréactivité croisée entre arthropodes** (ainsi que certains mollusques)
- ❑ Des réactions allergiques croisées sont possibles (Verhoeckx 2016)
 - Si allergique aux crustacés (et acariens) → éviter les insectes**
- ❑ **Les allergènes impliqués peuvent être différents selon le mode d'exposition** (aérien vs digestif)
 - Chez sujet primo sensibilisés aux crustacés: tropomyosine
 - Chez sujets primo-sensibilisés aux insectes : ? (alpha amylase)
- ❑ Il existe probablement des allergènes spécifiques des insectes (peu connu)
- ❑ Les sujets atopiques : risque de sensibilisation plus élevé ?

Conclusions II

❑ Dans une population exposée aux protéines de *Tenebrio Molitor* (TM) :

- 15% sont sensibilisés aux protéines de TM (complets et/ou poudre délipidée)
- La plupart sont symptomatiques (Respiratoire ET syndrome oral)
- La tropomyosine ne semble pas être un allergène fréquemment impliqué dans ce type d'exposition
- 2 sont sensibilisés à l'alpha amylase : Allergène alimentaire relevant ?
- Chez 2 sujets l'allergène impliqué n'a pas encore pu être identifié
- Aucun des sujets symptomatiques avec TM et sensibilisés à la crevette ne rapportait de symptômes d'allergie aux crustacés.

Remerciements

À **Laboratoire de recherche translationnelle, Brugmann, ULB.**

V Doyen
F Debaugnies



À **Unité d'entomologie fonctionnelle et évolutive, agrobiotech, ULG Gembloux.**

F Francis
T Alabi
Chr. Blecker



Entomologie fonctionnelle et évolutive
Gembloux Agro-Bio Tech
Université de Liège

À **Laboratoire de chimie pharmaceutique, faculté de pharmacie, ULB.**

P Van Antwerpen
C Delporte

À **Laboratoire d'immunologie, LHUB-ULB, Brugmann.**



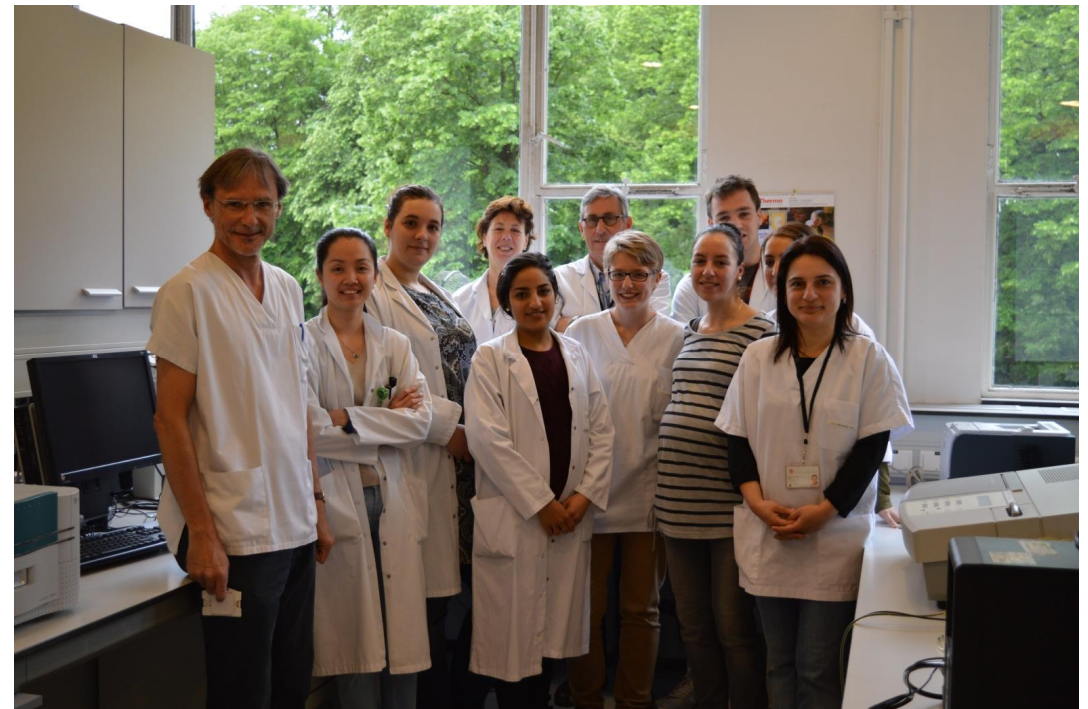
À **Clinique d'immuno-allergologie, CHU Brugmann**

V Doyen
M Mairesse
C Ledent
O Michel



À **K Y Jeong, Department of allergy, University College of Medicine, Seoul**

Bla g 11



Bon appétit !

