



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



FranceAgriMer

ÉTABLISSEMENT NATIONAL
DES PRODUITS DE L'AGRICULTURE ET DE LA MER

Plantes à parfum, aromatiques et médicinales

LES
ÉTUDES



Évaluation technico-économique
de l'impact de la disparition des
herbicides pour les productions
des PPAM

EVALUATION TECHNICO-ECONOMIQUE DE L'IMPACT DE LA DISPARITION DES HERBICIDES POUR LES PRODUCTIONS DES PPAM

au regard des nouvelles exigences réglementaires sur les alcaloïdes

Enquête menée par Giulia CIAGHI entre le 11 janvier et le 30 mars 2021

Rédaction par Giulia CIAGHI et Denis BELLENOT, iteipmai



3 Belle Tête – Melay
49120 CHEMILLE EN ANJOU
Tél. 02 41 30 30 79
iteipmai@iteipmai.fr
www.iteipmai.fr



12, rue Henri Rol-Tanguy - TSA 20002
93555 Montreuil Cedex

TABLE DES MATIERES

Liste des abréviations	3
En résumé	4
Le panel	4
Principaux résultats	4
Conclusions de la partie II : Enquete :	4
Conclusions de la partie III : Les sources non visibles de contamination	6
Introduction	7
Partie I - Contexte de la recherche : AP, AT, réglementations.....	8
1 - Les Alcaloïdes Pyrrolyzidiniques (APs) et la réglementation pour les PPAM	9
1.1 Risques pour la santé animale et humaine.....	9
1.2 Contamination par les APs des denrées alimentaires	10
1.3 Contamination par les APs des cultures végétales, dont les PPAM	12
1.4 Réglementations sur les APs.....	13
1.5 Et les autres secteurs de la filière PPAM ?	17
2 - Les Alcaloïdes Tropaniques (ATs) et la réglementation pour les PPAM	20
2.1 Que sont les ATs?	20
2.2 Risques pour la santé humaine	20
2.3 Contamination par les ATs des denrées alimentaires	20
2.4 Réglementation sur les ATs	21
Partie II - Enquête : présentation et résultats.....	24
Amont	25
Aval	26
Associations et syndicats de représentation de filière.....	26
Hypothèses de recherche	27
Questionnaire de l'enquête	27
Méthode de recherche.....	28
Résultats	29
Echantillon enquêté	29
Typologie d'acteurs	29
Amont	29
Aval	31
Associations/syndicats	32
Connaissance des Alcaloïdes Tropaniques (AT) et impact sur la filière.....	33
Amont	33
Aval	33
Associations/syndicats	33

Connaissance des Alcaloïdes Pyrrolizidiniques (AP), de la réglementation européenne et impact sur la filière	34
Amont (55 acteurs interviewés)	34
Aval (23 acteurs).....	39
Associations/syndicats	41
Solutions adoptées (et coût) pour éviter une contamination d'AP - conséquences techniques et économiques sur la filière PPAM	41
Amont (55).....	41
Aval (23).....	46
Associations/syndicats	47
Visions sur le futur	47
Amont	47
Aval	49
Associations/syndicats	50
Amont / Aval / Associations et syndicats.....	51
Conclusions de la Partie II	53
Amont	53
Aval	54
Filière.....	55
<i>Partie III - Les sources non visibles de contamination</i>	<i>56</i>
Contamination par le purin de consoude	57
Contamination par le pollen.....	57
La contamination par la poussière	61
Partie expérimentale	65
Comportement des AP lors d'une distillation.....	67
Conclusions de la Partie III	70
<i>Annexes</i>	<i>71</i>

LISTE DES ABREVIATIONS

ANSM	Agence Nationale de la Santé et du Médicament
AP	Alcaloïdes pyrrolizidiniques
AT	Alcaloïdes tropaniques
CA	Chiffre d'affaires
CONTAM	Contaminants in the food chain Panel
CPPARM	Comité des plantes aromatiques et médicinales
DGCCRF	Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes
EFSA	European Food Safety Authority, ou Autorité européenne de sécurité des aliments
EMA	European Medicine Agency, ou Agence Européenne du médicament
FAO	Food and Agriculture Organisation, ou organisation pour l'alimentation et l'agriculture
GPS	Global Positioning System, ou système mondial de positionnement
HA	Hectares
HE	Huiles essentielles
HCP	Hydrocarbures pétroliers
ITEIPMAI	Institut technique interprofessionnel des plantes à parfum, médicinales, aromatiques et industrielles
ITK	Itinéraire technique de culture
OMS	Organisation Mondiale de la santé
PCAE	Plan de compétitivité et d'adaptation des exploitations agricoles
PPAM	Plantes à Parfum, Aromatiques et médicinales
ppb	Partie par milliard = milligramme par tonne ou µg par kg ou ng par g
RTK	Real Time Kinematic
UE	Union Européenne

EN RESUME

LE PANEL

Sur 206 structures contactées, 85 ont bien voulu répondre au questionnaire dont 55 entreprises de l'amont agricole avec des surfaces allant de moins de 1 ha jusqu'à 1 200 ha pour un total d'un peu plus de 5 000 ha soit environ 20 % des surfaces de PPAM en France (hors pavot et lavandes-lavandins). 20 % des surfaces enquêtées sont en BIO, ce qui est cohérent avec les estimations de l'agence BIO pour notre filière.

PRINCIPAUX RESULTATS

CONCLUSIONS DE LA PARTIE II : ENQUETE :

Selon les producteurs, une vingtaine d'espèces pourraient ne plus être cultivées en France. Les plus citées sont les suivantes : Thym, Menthe poivrée, Pavot de Californie, Origan, Ciboulette, Estragon, Mélisse.

Selon les industriels, environ 20 espèces pourraient ne plus être achetées ; les plus citées sont les suivantes : Thym, Menthe poivrée, Verveine citronnelle, Origan, Pavot de Californie, Bourrache, Matricaire.¹

Les pertes déclarées pour non-vente de lots contaminés vont jusqu'à 10 % du chiffre d'affaires.

Les entreprises de production de petites surfaces pensent ne pas pouvoir changer leur ITK.

Pour les autres, de nombreuses solutions sont envisagées en fonction de la taille de l'entreprise et de sa capacité à investir.

Dans l'ITK, les étapes jugées les plus à risque sont, par ordre chronologique :

- le choix de la parcelle à l'implantation de la culture (travail du sol),
- l'entretien de la culture (différentes pratiques de désherbage),
- la récolte (mécanique, manuelle),

L'interdiction totale des herbicides remettrait (sûrement ou peut-être) en cause la pérennité de presque la moitié (48,4 %) des surfaces.

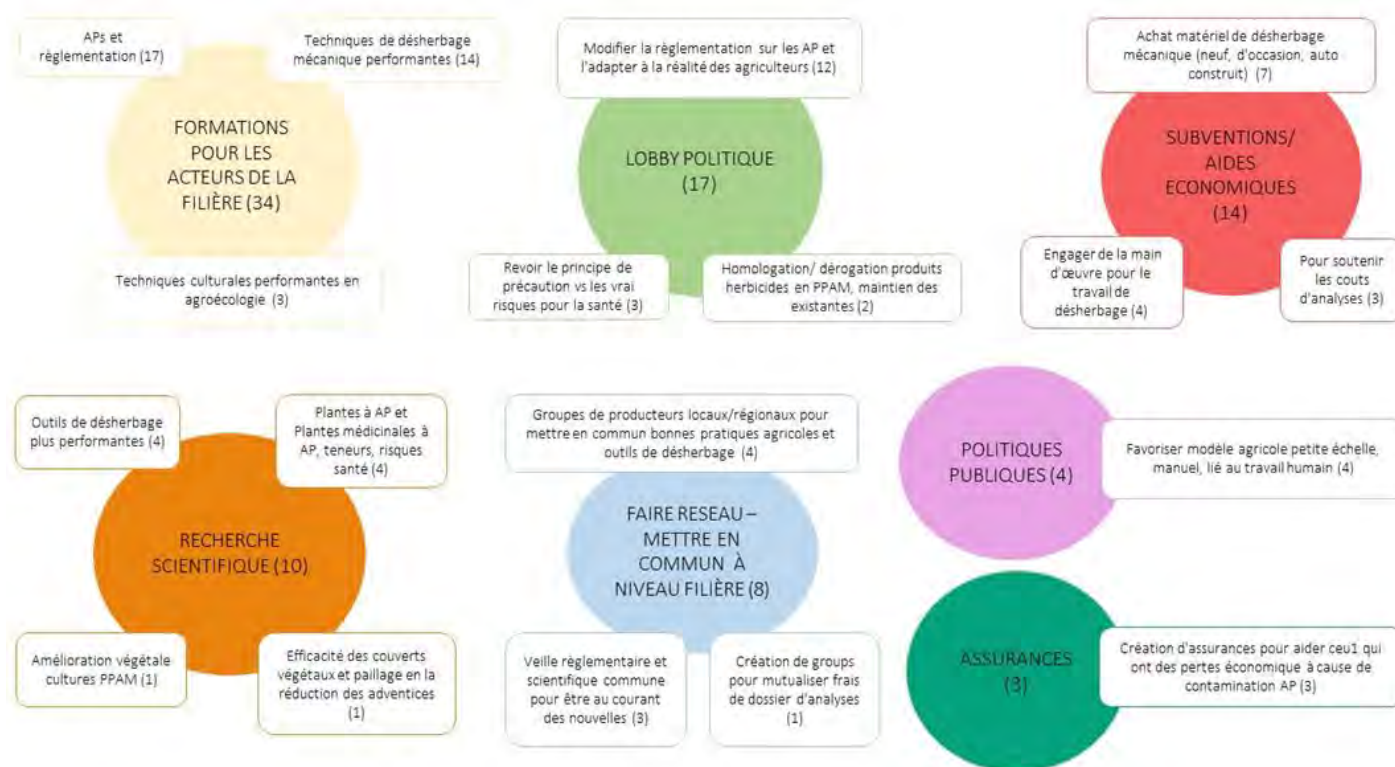
Selon les estimations, le coût du désherbage manuel en cours de culture est estimé jusqu'à 6 000 €/ha/an, auquel s'ajoute parfois un désherbage juste avant récolte estimé entre 100 et 2 250 €/ha/an.

¹ ANSM : liste de plantes potentiellement à risque : millepertuis, passiflore, matricaire, alchémille, réglisse, mélisse, menthe poivrée, sauge, pissenlit, thym

Le tableau ci-dessous reprend les 29 espèces citées comme risquant de ne plus être cultivées ou achetées.

Espèces	Arrêt production	Arrêt achat	Productrice AP	Surfaces (ha) estimations FAM 2021
Bourrache	6	2	oui	
Thym	5	6		955
Menthe poivrée	4	6		
Pavot de Californie	4	2		
Origan	2	2		214
Ciboulette	2	1		190
Estragon	2	1		221
Mélisse	2	1		260
Matricaire	1	2		
Aneth	1	1		221
Anis vert	1	1		
Livèche	1	1		
Arnica	3			
Basilic	2			209
Consoude	2		oui	
Coriandre	2			
Artichaut (feuille)	1			250
Cerfeuil	1			
Échinacée	1			
Persil	1			1428
Sarriette	1			103
Verveine citronnelle		3		
Cumin		1		
Eupatoire		1	oui	
Fumeterre		1		
Grémil		1	oui	
Lavande		1		
Millepertuis		1		
Sauge		1		
Passiflore	1			60
Total				4 471 ha

La figure ci-dessous reprend les principales demandes de la filière face aux problèmes liés aux adventices toxiques.



CONCLUSIONS DE LA PARTIE III : LES SOURCES NON VISIBLES DE CONTAMINATION

Le purin de consoude n'est pas un problème mais il faudrait connaître le temps nécessaire à la disparition des AP.

Le pollen est un contaminant potentiel ; il faudrait mieux connaître la quantité de pollen produite par les adventices à AP et étudier si des barrières mécaniques (haies) pourraient arrêter ces pollens.

Le sol est un contaminant soit par la poussière, soit par transfert horizontal, en fonction des conditions pédologiques et climatiques. L'arrosage par aspersion qui projette de la terre sur les plantes est probablement à éviter.

LA DISTILLATION :

- Pas d'AP dans les huiles essentielles,
- Ebullition prolongée : extraction de 95 % des AP et destruction des 75 % des AP.

INTRODUCTION

Pour évaluer les impacts technico-économiques de la disparition des herbicides sur la filière PPAM, nous nous sommes focalisés sur la maîtrise d'adventices responsables de la présence de molécules toxiques dans les productions de PPAM, à savoir celles qui synthétisent des alcaloïdes pyrrolizidiniques (AP) ou des alcaloïdes tropaniques (AT).

Cette étude s'appuie d'une part, sur une enquête menée par Giulia CIAGHI entre le 11 janvier et le 30 mars 2021 et d'autre part, sur les premiers résultats d'essais réalisés pour valider ou invalider des hypothèses concernant de possibles voies de contamination.

Elle se présente en trois parties :

- Partie I : Rappels sur les AP et les AT et les réglementations relatives
- Partie II : l'enquête : résultats et bilans
- Partie III : les sources invisibles de contamination

PARTIE I

CONTEXTE DE LA RECHERCHE : AP, AT, REGLEMENTATIONS

1 LES ALCALOÏDES PYRROLIZIDIQUES (APs) ET LA REGLEMENTATION POUR LES PPAM

Les alcaloïdes pyrrolizidiniques (APs) sont des métabolites secondaires, appartenant au groupe des molécules azotées d'origine végétale. La pyrrolizidine est un composé organique hétérocyclique azoté, formé schématiquement de deux cycles pyrroles accolés avec l'atome d'azote en commun. C'est la forme hydrogénée de la pyrrolizine². Ces alcaloïdes sont assez stables, mais sont sujets à une hydrolyse en solution alcaline et à une décomposition enzymatique (qui les rend plus hydrosolubles) ; ce dernier se produit aussi quand certaines espèces végétales subissent un flétrissement et un séchage³.

Molécules toxiques pour l'homme et certains animaux, elles se trouvent naturellement dans 6 000 espèces des plantes sur terre⁴. Les familles botaniques concernées par ces alcaloïdes sont les Asteraceae (tribus des Senecioneae et des Eupatorieae), les Borraginaceae (tous les genres) et les Fabaceae (genre *Crotalaria*)⁴. En France métropolitaine, les plantes qui contiennent des AP n'appartiennent qu'aux deux premières familles. Une compilation des données scientifiques effectuée par la FAO spécifie que « la teneur en APs des végétaux a été signalée comme variant généralement de 100 mg/kg de poids sec à 40 000 mg/kg de poids sec, bien que la teneur la plus élevée ait été signalée à 180 000 mg/kg de poids sec dans un séneçon sud-africain. La quantité d'APs présents dans une plante dépend de la saison et de l'endroit. Par ailleurs, différentes parties de la plante contiennent des niveaux différents d'AP, dont la majorité est généralement présente sous forme de PANO⁴. Les PANO, ou Pyrrolizidine Alcaloïdes N-Oxides en Anglais, sont les alcaloïdes pyrrolizidiniques qui ont subi une oxydation par fixation d'un atome d'oxygène sur l'atome d'azote.

1.1 RISQUES POUR LA SANTE ANIMALE ET HUMAINE

Les APs sont connus depuis au moins 30 ans pour leurs effets cancérigènes chez les animaux⁵. Pour le monde animal, la toxicité liée aux AP « se manifeste en tant qu'activité antimétabolique entraînant une fibrose importante, la régénération nodulaire, le parenchyme et le cancer »⁶. Il est reconnu que certains animaux sont moins sujets aux effets négatifs de ces APs (ex. moutons, chèvres, lapins) que d'autres qui sont extrêmement sensibles et sujets à intoxication (rongeurs, porcs, volaille, bétail et chevaux)⁷.

Depuis plusieurs années, ces molécules ont suscité l'intérêt de la recherche scientifique car plusieurs études ont mis en évidence un risque pour la santé humaine lors de la consommation des produits alimentaires contaminés par les APs. La première évaluation des risques pour la santé humaine a été

² Bruneton, J. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 4e éd. Tec&Doc, 2009

³ IPCS (1989). Health and Safety Guide No. 26 Pyrrolizidine alkaloids health and safety guide.

⁴ FAO, JECFA (2020). Safety evaluation of certain food additives and contaminants. Supplement 2: Pyrrolizidine alkaloids. WHO Food additive series: 71-52 Prepared by the eightieth meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)

⁵ World Health Organization, International Programme on Chemical Safety & WHO Task Group on Pyrrolizidine Alkaloids. (1988). Pyrrolizidine alkaloids / published under the joint sponsorship of the United Nations Environment Programme, the International Labour Organisation, and the World Health Organization. World Health Organization.

⁶ FAO, OMS (2011) Document de travail sur Alcaloïdes de Pyrrolizidine. Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires, comité du codes sur les contaminants dans les aliments, 5eme session, La Haye, Pays Bas, 21-25 mars 2011

⁷ EFSA, European Food Safety Authority. (2007). Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission related to Pyrrolizidine Alkaloids as undesirable substances in Animal Feeds. The EFSA Journal 447: 1-51. Parma, January 25, 2007.

menée par le Programme International de la Sécurité Chimique (IPCS) en 1989, qui avait, sur la base d'études effectuées sur des animaux, défini les APs comme ayant un risque de cancérogénicité potentiel sur les humains et causant une intoxication aiguë sous forme de maladie veine-occlusive et cirrhose hépatique⁸.

Ces alcaloïdes sont absorbés par le tube digestif et, à la suite d'une activation dans le foie, sont transformés en métabolites toxiques ayant des effets nocifs, entre autres des dommages permanents sur les gènes et les chromosomes allant jusqu'à la mort cellulaire⁸. Même si le foie représente l'organe cible principal, d'autres effets ont été observés sur le système cardiovasculaire (hypertrophie ventriculaire cardiaque droite), les poumons (hypertension pulmonaire) et les reins⁹.

Une dizaine d'AP a fait l'objet d'une évaluation par l'IARC¹⁰ ; les résultats sont repris dans le tableau ci-dessous, issu de la publication de 2011 de l'EFSA (Beuerle et al. 2011)¹¹. Seulement 3 sont classés en tant que « possiblement cancérogènes chez les humains » catégorie B2⁹ : la ridelline, la monocrotaline et la lasiocarpine.

1,2-unsaturated Pyrrolizidine Alkaloids	Occurrence, e.g.	Evaluation IARC vol.10 (1976), vol. 31 (1983), vol. 82 (2002)	Degree of Evidence for Carcinogenicity IARC Suppl. 7 (1987), vol. 82 (2002)		
			Human	Animal	Overall evaluation ^(a)
Isatidine (Retrorsine- <i>N</i> -oxide)	<i>Senecio</i> spp.	carcinogen in rats (oral, liver tumours)	ND	L	3
Lasiocarpine	<i>Heliotropium</i> spp.	carcinogen in rats (i.p., tumours in liver & other organs)	ND	S	2B
Monocrotaline	<i>Crotalaria</i> spp.	carcinogen in rats (oral, tumours in liver)	ND	S	2B
Retrorsine	<i>Senecio</i> spp.	carcinogen in rats (oral, tumours in liver & other organs)	ND	L	3
Riddelline	<i>S. vulgaris</i>	carcinogen in rats and mice (oral, tumours in liver & other organs)	ND	S	2B
Senkirkine	<i>Tussilago farfara</i> <i>Senecio</i> spp.	carcinogen in rats (i.p., liver cell adenomas; <i>T. farfara</i> , oral, hepatic haemangioendothelial sarcomas)	ND	L	3
18-Hydroxysenkirkine	<i>C. laburnifolia</i>	insufficient data	ND	I	3
Jacobine	<i>S. jacobaea</i>	no data	ND	I	3
Seneciphylline	<i>Senecio</i> spp.	no data	ND	ND	3
Symphytine	<i>Symphytum</i> spp.	insufficient data	ND	I	3

ND = no adequate data; L = limited evidence; S = sufficient evidence; I = inadequate evidence.

(a): 2B: The agent is possible carcinogenic to humans; 3: The agent is not classifiable as to its carcinogenicity to humans.

Rappelons que la classification d'une substance en catégorie 3 n'est pas une affirmation de la non-cancérogénicité ou de l'innocuité globale de cette substance. Seules les substances classées en catégorie 4 ne sont probablement pas cancérogènes pour l'homme.

1.2 CONTAMINATION PAR LES APs DES DENREES ALIMENTAIRES

En 2011, la FAO et l'OMS ont publié un document de travail sur les APs, la contamination des denrées alimentaires et les effets néfastes pour la santé des êtres humains et des animaux¹². Une large recherche bibliographique sur le sujet a été faite pour collecter des données sur les denrées alimentaires les plus à risque de contamination. Un tableau dérivé de ce riche travail de recherche (Tableau 1) est présenté

⁸ IPCS (1989). Health and Safety Guide No. 26 Pyrrolizidine alkaloids health and safety guide.

⁹ FAO, JECFA (2020). Safety evaluation of certain food additives and contaminants. Supplement 2: Pyrrolizidine alkaloids. WHO Food additive series: 71-52 Prepared by the eightieth meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)

¹⁰ IARC = CIRC. Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) est l'agence spécialisée dans le cancer de l'Organisation mondiale de la Santé.

¹¹ Beuerle, Till, Diane Benford, L. Brimer, Bruce Cottrill, D. Doerge, B. Dusemund, P. Farmer, Peter Fürst, Hans-Ulrich Humpf, et P.P.J. Mulder. 2011. « Scientific Opinion on Pyrrolizidine alkaloids in food and feed », janvier.

¹² FAO, OMS (2011) Document de travail sur Alcaloïdes de Pyrrolizidine. Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires, comité du code sur les contaminants dans les aliments, 5eme session, La Haye, Pays Bas, 21-25 mars 2011

page suivante, spécifiant les types des denrées alimentaires souvent contaminés, les APs trouvés et leur correspondance avec des adventices de culture. Les données dans le tableau correspondent surtout à des recherches faites en Europe, et ils peuvent être incomplets à l'heure actuelle car, depuis 2011, des nouvelles études sur les AP ont été menées, explorant d'autres espèces de plantes dans d'autres pays, ainsi que dans le contexte extra Européen. Par ailleurs, plus que représenter la toxicité des APs, cette liste s'appuie plus sur l'occurrence des APs dans les denrées alimentaires.

En 2017, une étude¹³ du CONTAM (Contaminants in the food chain Panel) a mis en évidence les risques aigus et chroniques pour la santé humaine liés à la présence d'AP dans le miel et dans les produits végétaux dérivés, thé, infusions et compléments alimentaires. La nécessité de fixer dans les normes un principe de précaution concernant l'absorption d'APs à travers les denrées alimentaires a émergé suite à « une série de rapports de cas d'intoxication à la suite de l'ingestion d'AP contenus dans des plantes médicinales et des thés, et y compris des décès associés à la consommation de céréales contaminées par des AP contenues dans des mauvaises herbes »¹³. Notons que ces effets néfastes ont été des atteintes hépatiques de type veino-occlusion mais dans aucun cas des cancers.

Selon le CONTAM, les principaux APs qui ont été retrouvés dans les échantillons de thé et d'infusions d'herbes étaient : lycopsamine, intermédiine, intermédiine-N-oxyde, sénécionine, sénécionine-N-oxyde, sénéciphylline, sénéciphylline-N-oxyde et rétorsine -N-oxyde¹³. Pour les compléments alimentaires (extraits de plantes et suppléments à base de pollen), la lycopsamine, l'intermédiine et leurs N-oxydes¹³ ont été trouvées avec les teneurs les plus élevées.

Tableau 1 : Végétaux et leurs AP détectés dans différentes denrées de consommation humaine et animale (FAO, OMS ; 2011)⁹

Aliments de consommation Humaine / animale	Denrée	Genre/ Espèce Végétale	Principaux APs
Aliments de consommation humaine (ou remèdes traditionnels)	Remèdes à base de plantes et tisanes	Symphytum Tussilago Senecio Crotalaria Heliotropium	(Acétyl)lycopsamine (Acétyl)intermédiine, Symphytine, Echimidine, Adonifoline , Monocrotaline, Fulvine, Sénécionine Senkirkine Héliotrine
	Blé, céréales	Heliotropium Crotalaria Senecio	Héliotrine, Lasiocarpine, Europine, Monocrotaline, Trichodesmine, Sénécionine
	Salades	Senecio vulgaris	Sénécionine, Sénéciphylline, Rétrorsine
	Lait	Senecio jacobaea	Jacoline
	Oeufs	Senecio Heliotropium	Sénécionine, Héliotrine
	Miel Pollen à miel	Echium Cynoglossum Borago Eupatorium Symphytum Senecio	(Acétyl)lycopsamine, (Acétyl)échimidine, Sénécionine, Sénéciphylline, Rétrorsine
Alimentation animale	Foin, herbe, Fourrage composé	Senecio Echium Heliotropium Crotalaria Amsinckia	Sénécionine, Sénéciphylline , Rétrorsine, Jacobine, Erucifoline, Lycopsamine, Echimidine, Héliotrine, Monocrotaline, Rétusamine
	Luzerne	Senecio vulgaris	Sénécionine, Sénéciphylline, Rétrorsine

¹³ EFSA CONTAM panel (2017) Risks for human health related to the presence of pyrrolizidine alkaloids in honey, tea, herbal infusions and food supplements, Volume 15, Issue 7

1.3 CONTAMINATION PAR LES APs DES CULTURES VÉGÉTALES, DONT LES PPAM

La présence d'AP dans des lots de thé, plantes à infusion et compléments alimentaires est souvent considérée comme la conséquence d'une co-récolte des adventices à AP. Néanmoins, quelques études ont dernièrement mis en avant la possibilité d'une contamination par le pollen¹⁴ ou par le transfert latéral dans le sol.

Une étude publiée en 2016 a analysé le transfert des APs dans le sol. L'expérimentation a utilisé du Seneçon Jacobée séché en tant que « mulch » de différentes cultures. Il a été observé que toutes les plantes testées en culture, appelées plantes « accepteuses », avaient des concentrations marquées d'APs, et selon les chercheuses, « l'étendue et la composition des APs importés dépendent de l'espèce végétale accepteuse » ce qui indique que certaines plantes sont plus sujettes à la contamination transversale par le sol que d'autres¹⁵. Les résultats démontrent que « les APs sont effectivement transférées dans le sol à partir du matériel végétal sec » et « confirment leur absorption par les racines des plantes accepteuses et leur translocation vers les feuilles »¹⁵.

Une autre étude publiée en 2019 a utilisé des co-cultures de plantes accepteuses (sans APs) et de plantes donneuses (Seneçon jacobée produisant naturellement des APs). Les résultats ont montré que « toutes les plantes cultivées à proximité des plants de Seneçon (plante donneuse) contiennent en effet des quantités importantes d'AP, qui avaient auparavant été synthétisées dans les plants de Seneçon. Ces résultats illustrent que les métabolites secondaires typiques, tels que les alcaloïdes pyrrolizidiniques, sont couramment transférés et échangés entre les plantes vivantes »¹⁶. C'est pour cette raison que, pour éviter une contamination des plantes par les APs, une attention doit être portée aux adventices qui accompagnent les plantes en cultures dans une parcelle, mais aussi aux plantes qui côtoient les espèces

¹⁴ Dübecke, A., G. Beckh, et C. Lüllmann. 2011. « Pyrrolizidine alkaloids in honey and bee pollen ». *Food Additives & Contaminants: Part A* 28 (3): 348-58. <https://doi.org/10.1080/19440049.2010.541594>.

Kast, C., V. Kilchenmann, Et H. Reinhard. s. d. « Chemical fingerprinting identifies echium vulgare, eupatorium cannabinum and senecio spp. as plant species mainly responsible for pyrrolizidine alkaloids in bee-collected pollen ». *Food additives & contaminants: Part A* 35 (2): 316 à 327.

Kast, Christina, Verena Kilchenmann, Hans Reinhard, Benoit Droz, Matteo Angelo Lucchetti, Arne Dübecke, Gudrun Beckh, et Otmar Zoller. 2018. « Chemical Fingerprinting Identifies Echium Vulgare, Eupatorium Cannabinum and Senecio Spp. as Plant Species Mainly Responsible for Pyrrolizidine Alkaloids in Bee-Collected Pollen ». *Food Additives & Contaminants: Part A* 35 (2): 316-27. <https://doi.org/10.1080/19440049.2017.1378443>.

Kempf, M. s. d. « Entwicklung und anwendung von methoden zur erfassung von pyrrolizidinalkaloiden in honig und pollen ». Dissertation zur erlangung des naturwissenschaftlichen doktorgrades der julius-maximilians-universitat wurzburg, 1 à 189.

Kempf, M., S. Heil, Et I. Hasslauer. s. d. « Pyrrolizidine alkaloids in pollen and pollen products ». *Molecular nutrition and food research* 54 (2): 292 à 300.

Kempf, M., M. Wittig, K. Schönfeld, L. Cramer, P. Schreier, et T. Beuerle. 2011. « Pyrrolizidine alkaloids in food: downstream contamination in the food chain caused by honey and pollen ». *Food Additives & Contaminants: Part A* 28 (3): 325-31. <https://doi.org/10.1080/19440049.2010.521771>.

¹⁵ Nowak et al. (2016). Interspecific transfer of pyrrolizidine alkaloids: An unconsidered source of contaminations of phytopharmaceuticals and plant derived commodities, *Food Chemistry*, Volume 213, 2016, Pages 163-168

¹⁶ Selmar et Al. (2019). Transfer of pyrrolizidine alkaloids between living plants: A disregarded source of contaminations, *Environmental Pollution*, Volume 248, Pages 456-461

cueillies dans la nature. Pour une compréhension plus visuelle, le transfert latéral par le sol de ces APs est représenté graphiquement dans l'image 1.

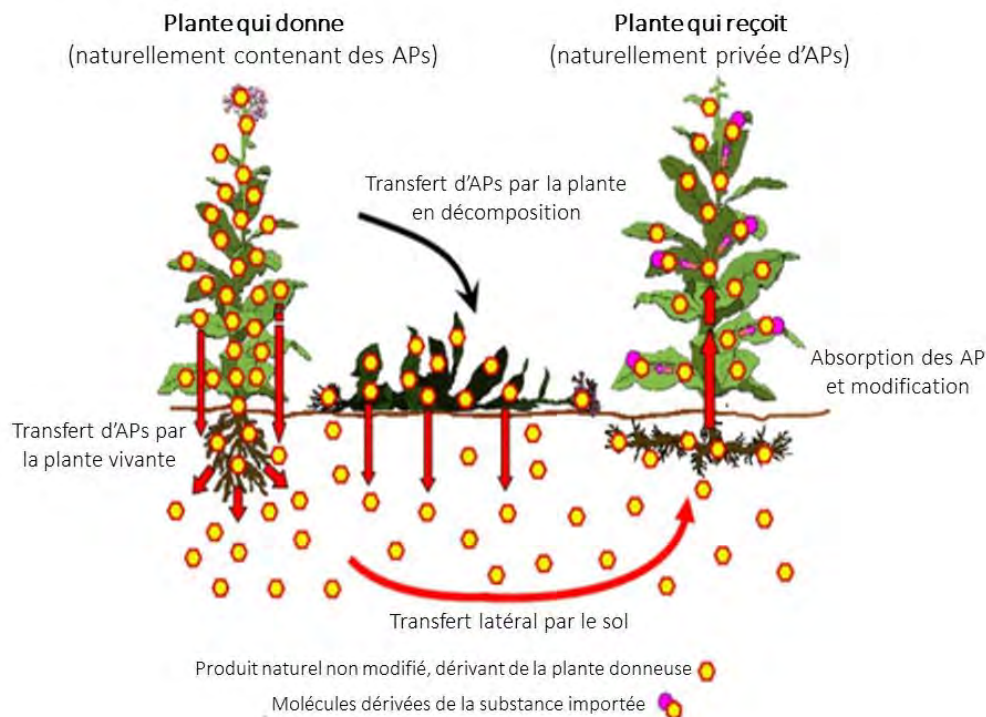


Image 1 : transfert latéral dans le sol des APs (d'après Selmar et al., 2019)¹⁷

L'étude de Nowak et al. (2016)¹⁵ montre aussi la nécessité, lors du désherbage des adventices productrices d'APs, de sortir ces plantes hors de la parcelle pour éviter une décomposition *in-situ* libérant les PA sur ou dans le sol ce qui pourrait donc augmenter les chances de contamination de la culture en place.

1.4 REGLEMENTATIONS SUR LES APs

Depuis la publication, en 2011, d'un document¹⁸ focalisé sur le risque pour la santé publique lié à la présence d'APs dans l'alimentation humaine et animale, et par le comité scientifique sur les contaminants de la chaîne alimentaire (CONTAM¹⁹) de l'autorité Européenne pour la sécurité Alimentaire (EFSA- European Food Safety Authority), d'autres études ont suivi et ont apporté leur contribution pour éclaircir la problématique.

¹⁷ Selmar et al. (2019). Horizontal Natural Product Transfer: Intriguing Insights into a Newly Discovered Phenomenon, J. Agric. Food Chem. 2019, 67, 32, 8740–8745

¹⁸ EFSA (2011) Scientific Opinion on Pyrrolizidine alkaloids in food and feed, EFSA journal, Volume 9, Issue 11

¹⁹ Contaminants in the food chain Panel

De 2013 à 2015, l'EFSA a investigué profondément la thématique, donnant lieu en 2016 à un rapport scientifique²⁰ sur l'exposition aux APs de la population Européenne par son alimentation. En 2016, l'agence européenne des médicaments (EMA) a publié un document²¹ qui met en avant la nécessité d'harmoniser les approches des différents états membres, afin de définir une limite maximale d'APs dans les matières premières végétales pour réduire les risques pour la santé publique.

En 2020, des limites maximales ont été définies par la Commission Européenne²² dans le **règlement (EU) 2020/2040 du 11 décembre 2020**. Ce règlement sera applicable au 1^{er} juillet 2022. Onze catégories de produits végétaux sont concernées par ce règlement : plantes à infusion, thés, compléments alimentaires à base de plantes et de pollen, extraits des plantes, herbes séchées, feuilles fraîches de bourrache et graines de cumin (Image 2).

«Denrées alimentaires (1)»		Teneur maximale (*) (µg/kg)
8.4.	Alcaloïdes pyrrolizidiniques	
8.4.1.	Infusions (produit séché) (**) (***), à l'exception des infusions visées aux points 8.4.2 et 8.4.4	200
8.4.2.	Infusions de rooibos, d'anis vert (<i>Pimpinella anisum</i>), de mélisse, de camomille, de thym, de menthe poivrée, de verveine odorante (produit séché) et de mélanges composés exclusivement de ces herbes séchées (**) (***), à l'exception des infusions visées au point 8.4.4	400
8.4.3.	Thé (<i>Camellia sinensis</i>) et thé aromatisé (****) (<i>Camellia sinensis</i>) (produit séché) (***), à l'exception du thé et du thé aromatisé visés au point 8.4.4	150
8.4.4.	Thé (<i>Camellia sinensis</i>), thé aromatisé (****) (<i>Camellia sinensis</i>) et infusions pour nourrissons et enfants en bas âge (produit séché)	75
8.4.5.	Thé (<i>Camellia sinensis</i>), thé aromatisé (****) (<i>Camellia sinensis</i>) et infusions pour nourrissons et enfants en bas âge (liquide)	1,0
8.4.6.	Compléments alimentaires contenant des ingrédients à base de plantes, y compris des extraits (**), à l'exception des compléments alimentaires visés au point 8.4.7	400
8.4.7.	Compléments alimentaires à base de pollen (1) Pollen et produits de pollen	500
8.4.8.	Feuilles de bourrache (fraîches, congelées) mises sur le marché pour le consommateur final (**)	750
8.4.9.	Herbes séchées, à l'exception des herbes séchées visées au point 8.4.10 (**)	400
8.4.10.	Bourrache, livèche, marjolaine et origan (séchés) et mélanges composés exclusivement de ces herbes séchées (**)	1 000
8.4.11.	Graines de cumin (épices en graines)	400

Image 2 : teneurs maximales autorisées en alcaloïdes pyrrolizidiniques exprimés en µg/kg = ppb (EU, 2020²²)

L'unité utilisée, le µg/kg (ou ppb ou partie par milliard) représente la quantité maximale d'APs autorisée exprimée en microgrammes (µg) d'AP sur 1 kg de matière végétale. Selon la Commission Européenne, « La fixation de teneurs maximales garantit que les bonnes pratiques agricoles et des méthodes de récolte appropriées sont appliquées dans toutes les régions de production afin d'assurer un niveau élevé de protection de la santé humaine »²³. La teneur maximale correspond à l'estimation inférieure de la somme de plusieurs alcaloïdes pyrrolizidiniques et leurs N-Oxides.

²⁰ EFSA (2016) Dietary exposure assessment to pyrrolizidine alkaloids in the European population, EFSA journal, Volume 14, Issue 8

²¹ EMA (2016) Contamination of herbal medicinal products/traditional herbal medicinal products with pyrrolizidine alkaloids

²² Commission Regulation (EU) 2020/2040 of 11 December 2020 amending regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of pyrrolizidine alkaloids in certain foodstuffs

²³ Senat (2020) Règlement (UE) de la commission modifiant le règlement (CE) n° 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en alcaloïdes pyrrolizidiniques dans certaines denrées alimentaires, de http://www.senat.fr/europe/textes_europeens/e14977.pdf consulté le 18/03/2021

Les Alcaloïdes Pyrrolizidiniques cités par ce règlement et qui sont à quantifier lors des analyses sont les suivants :

intermedine	senecivernine	echimidine	heliotrine
intermedine-N-oxide	senecivernine-N-oxide	echimidine-N-oxide	heliotrine-N-oxide
lycopsamine	seneciphylline	lasiocarpine	indicine
lycopsamine-N-oxide	seneciphylline-N-oxide	lasiocarpine-N-oxide	indicine-N-oxide
senecionine	retrorsine	europine	echinatine
senecionine-N-oxide	retrorsine-N-oxide	europine-N-oxide	echinatine-N-oxide
rinderine	integerrimine	heliosupine	spartioidine
rinderine-N-oxide	integerrimine-N-oxide	heliosupine-N-oxide	spartioidine-N-oxide
senkirkine	usaramine	usaramine-N-oxide	

Un temps d'adaptation à cette nouvelle réglementation était prévu pour la filière : « dans certaines régions de production, les bonnes pratiques agricoles et méthodes de récolte appropriées n'ont été introduites que récemment ou doivent encore être mises en œuvre, c'est pourquoi il est nécessaire de prévoir un délai raisonnable pour permettre à toutes les régions de production d'introduire de telles pratiques et méthodes. Deux saisons végétatives sont nécessaires pour mettre pleinement en œuvre les bonnes pratiques agricoles et méthodes de récolte appropriées afin de garantir aux exploitants du secteur alimentaire un approvisionnement suffisant pour pouvoir produire des denrées alimentaires conformes aux nouvelles exigences énoncées dans le présent règlement »²⁴. C'est pourquoi ce règlement (EU 2020/2040 du 11 décembre 2020²²) entrera en vigueur **à partir du 1er juillet 2022**.

Les denrées alimentaires qui ont été mises légalement sur le marché avant le 1er juillet 2022 et présentées dans le tableau pourront rester sur le marché jusqu'au 31 décembre 2023²².

La nouvelle législation impose les objectifs à remplir en termes de contamination maximale autorisée, mais n'indique pas les moyens à mettre en œuvre pour y parvenir. Dans ce sens, les producteurs et productrices doivent pouvoir répondre aux teneurs imposées lorsqu'une analyse est faite sur leurs lots, par un acheteur ou un tiers (ex. DGCCRF). En 2019, la DGCCRF²⁵ a testé la présence d'APs dans des compléments alimentaires, plantes à infusion et herbes aromatiques. Sur les 115 échantillons analysés, seulement 3 (1 origan, 1 plante pour infusion et 1 assaisonnement contenant de l'origan) présentaient une teneur en APs supérieure à la future norme applicable en 2022.

Pour mieux illustrer à quoi correspondent ces teneurs en $\mu\text{g}/\text{kg}$, nous les avons transposées en nombre de pieds d'adventices par ha qu'il faut pour atteindre 100 ppb (partie par milliard = $\mu\text{g}/\text{kg}$). Ces résultats, fonction de l'espèce d'adventice, sont présentés dans le Tableau 2 ; il s'agit de valeurs indicatives, basées sur les teneurs en AP des adventices relevées dans la littérature.

²⁴ Senat (2020) Règlement (UE) de la commission modifiant le règlement (CE) n° 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en alcaloïdes pyrrolizidiniques dans certaines denrées alimentaires, de http://www.senat.fr/europe/textes_europeens/e14977.pdf consulté le 18/03/2021

²⁵ DGCCRF (2019) Sécurité des denrées alimentaires : les actions de la DGCCRF dans le domaine des contaminants chimiques, de <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/securite-des-denrees-alimentaires-les-actions-de-la-dgccrf-dans-le-domaine-des-contaminants> consulté le 18/03/2021

Tableau 2 : Nombre approximatif d'adventices à AP par ha pour atteindre 100 ppb d'AP selon la productivité (en kg de matière sèche par ha) de différentes cultures (iteipmai)

	Rendement de la culture en kg de matière sèche par ha	<i>Cynoglossum officinale</i> / partie aérienne	<i>Echium vulgare</i> / partie aérienne	<i>Heliotropium europaeum</i> / partie aérienne	<i>Senecio vulgaris</i> / plante entière	<i>Myosotis arvensis</i> / partie aérienne fleurie
Nombre de pieds d'adventice à AP pour atteindre 100 ppb	500	0,5	2	0,5	3	3 000
	1 000	1,0	3	1	7	5 500
	2 500	2,5	7	2	16	15 000

Dans un article très récent²⁶ qui reprend les travaux exposés lors du *2nd International Workshop on Pyrrolizidine Alkaloids* qui s'est tenu en septembre 2020 en Allemagne, une équipe allemande souligne que l'évaluation des données obtenues lors de campagnes d'analyses entre 2013 et 2020 montre une diminution globale du niveau des APs et confirme donc l'intérêt des codes de bonnes pratiques agricoles mises en place. Cependant, en dépit de toutes les mesures adoptées pour diminuer les teneurs, la limite générale de 0,35 µg d'AP absorbés par jour pour un adulte de 50kg²⁰ est considérée comme inappropriée par les fabricants puisque ce seuil ne peut pas être respecté par plus de 50 % des plus importantes drogues végétales. (« Evaluation of data from analytical testing between 2013 and 2020 showed an overall reduction of PA levels and confirmed the efficacy of the Code of Practice. The results of the database evaluation indicate that despite all measures to minimize the PA content, a general limit of 0.35 µg PA per day is not considered appropriate by the manufacturers since it cannot be kept by more than 50 % of the most important herbal drugs »).

²⁶ Schrenk, Dieter, Jörg Fahrner, Ashley Allemang, Peter Fu, Ge Lin, Catherine Mahony, Patrick P. J. Mulder, et al. 2022. « Novel Insights into Pyrrolizidine Alkaloid Toxicity and Implications for Risk Assessment: Occurrence, Genotoxicity, Toxicokinetics, Risk Assessment—A Workshop Report ». *Planta Medica* 88 (2): 98-117. <https://doi.org/10.1055/a-1646-3618>.

1.5 ET LES AUTRES SECTEURS DE LA FILIERE PPAM ?

MEDICAMENTS A BASES DES PLANTES

La réglementation (EU) 2020/2040 s'applique aux médicaments à base de plantes ou d'extraits des plantes. En 2016, en France, l'ANSM (Agence Nationale de la Sécurité des Médicaments), a publié une liste de plantes potentiellement à risque : millepertuis, passiflore, matricaire, alchémille, réglisse, mélisse, menthe poivrée, sauge, pissenlit, thym²⁷. Cette liste avait été publiée par les Autorités Autrichiennes de santé, et concernait des plantes très consommées dans les secteurs pharmaceutique et alimentaire. Il est prévu que cette liste soit élargie au fur et à mesure de l'acquisition de nouvelles données. Dans ses recommandations, l'ANSM a aussi hiérarchisé les facteurs de risques :

- il y aurait plus de risques lorsque la plante a été récoltée mécaniquement que manuellement;
- il y aurait plus de risques si la partie utilisée de la plante est la partie aérienne ;
- il y aurait plus de risques d'intoxication si la durée de traitement est supérieure à 14 jours²⁷.

En novembre 2020, la Commission européenne de Pharmacopée a adopté un nouveau chapitre sur la problématique des APs dans les médicaments. Ce chapitre général « 2.8.26. *Alcaloïdes pyrrolizidiniques contaminants* » est applicable à partir du 1^{er} janvier 2022. Ce chapitre général décrit une méthode pour doser 28 APs dans « les drogues végétales, les préparations qui en sont issues et les médicaments ». L'attention est attirée sur l'échantillonnage et la validation de la méthode d'analyse.

Nous reproduisons ici son introduction :

Les alcaloïdes pyrrolizidiniques (PA) sont des composés azotés naturellement présents dans les plantes. Plusieurs centaines de PA structurellement distincts ont été identifiés dans plusieurs milliers d'espèces végétales différentes. Un grand nombre de ces espèces font partie de la flore commune et sont susceptibles de contaminer les matières premières végétales utilisées pour la production de médicaments. Les matières premières végétales peuvent donc contenir des PA issus de cette contamination, souvent à très faible teneur. Le présent chapitre général a pour objet l'analyse de traces de PA cibles contaminant les drogues végétales, les préparations qui en sont issues et les médicaments. Il n'a pas pour objet le dosage des PA naturellement présents dans ces types de produits.

PA cibles. Les PA cibles sont les suivants : échimidine, *N*-oxyde d'échimidine, érucifoline, *N*-oxyde d'érucifoline, europine, *N*-oxyde d'europine, héliotrine, *N*-oxyde d'héliotrine, intermédiaire, *N*-oxyde d'intermédiaire, jacobine, *N*-oxyde de jacobine, lasiocarpine, *N*-oxyde de lasiocarpine, lycopsamine, *N*-oxyde de lycopsamine, monocrotaline, *N*-oxyde de monocrotaline, rétrorsine, *N*-oxyde de rétrorsine, sénécionine, *N*-oxyde de sénécionine, sénéciphylline, *N*-oxyde de sénéciphylline, sénécivernine, *N*-oxyde de sénécivernine, senkirkine et trichodesmine.

Limites. L'exposition des patients aux PA contenus dans des médicaments doit être aussi faible que possible et ne doit pas excéder la dose journalière maximale fixée par l'Autorité compétente.

²⁷ ANSM (2016) Groupe de travail médicaments à base de plantes et médicaments homéopathiques N°1. Séance du 17 novembre 2016, Compte rendu de séance

HERBES AROMATIQUES FRAICHES OU SURGÉLÉES ET ALIMENTS PRÉPARÉS

Le règlement (EU) 2020/2040 ne s'applique pas aux plantes aromatiques fraîches ou surgelées. L'intérêt porté par les institutions internationales sur la contamination des denrées alimentaires par les APs n'exclut pas qu'une nouvelle réglementation puisse s'étendre à d'autres domaines, comme celui des aromatiques fraîches ou congelées, en sachant que ce secteur était déjà indiqué comme potentiellement à risque.

En 2018, un projet d'origine Belge appelé « PASHERBS » mené par l'agence gouvernementale belge Sciensano²⁸, a publié des nouvelles données sur la présence de PAs et PANOs dans les herbes aromatiques (fraîches, congelées et séchées) et les produits alimentaires qui les contiennent (plats préparés, sauces, snacks)²⁸.

Cette étude montre que « la présence d'alcaloïdes pyrrolizidiniques dans ces denrées était largement répandue. (...) la contamination dans les herbes congelées, sèches ou dans les repas contenant des herbes pourrait être attribuée à une co-récolte accidentelle de plantes productrices de PAs ou à un frelatage intentionnel. L'origan était de loin l'herbe aromatique la plus problématique en ce qui concerne la contamination aux PAs : jusqu'à 2 200 µg/kg (=2 200 ppb = 2,2 ppm) dans un échantillon individuel d'origan, et les 10 mélanges d'herbes les plus contaminés contenaient tous de l'origan. Les composés de type héliotrine (europine, héliotrine, lasiocarpine et N-oxydes correspondants) étaient les contaminants les plus récurrents dans cette étude (présents dans 64 % des lots contaminés). Les herbes fraîches en pot ou coupées ne se sont pas révélées contenir de PAs/PANOs Erreur ! Signet non défini. Une attention particulière doit être portée au désherbage des adventices à APs dans les cultures d'aromatiques en plein champ. Notons que, selon le site RASFF²⁹ qui recense les alertes liées à la présence de produits alimentaires toxiques sur le sol européen, si l'origan séché et les grains de cumin sont les 2 herbes aromatiques les plus souvent citées dans la catégorie « herb and spice » and « natural toxins », l'origine Turquie est celle qui revient le plus souvent. Ce qui peut expliquer la présence d'APs dans les produits alimentaires industriels analysés.

Selon Schrenk et al³⁰, entre 2012 et 2020, 76 notifications et alertes concernant les AP ont été publiées sur le portail RASFF de l'UE, dont 54 au cours des 2 dernières années.

²⁸ Sciensano est une institution publique, dotée de la personnalité juridique, créée par la loi belge du 25 février 2018 portant création de Sciensano. Sciensano assume des missions en matière de santé publique et animale

²⁹ <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/portal/?event=searchForm&cleanSearch=1> consulté le 23/03/2021

³⁰ Schrenk, Dieter, Jörg Fahrner, Ashley Allemang, Peter Fu, Ge Lin, Catherine Mahony, Patrick P. J. Mulder, et al. 2022. « Novel Insights into Pyrrolizidine Alkaloid Toxicity and Implications for Risk Assessment: Occurrence, Genotoxicity, Toxicokinetics, Risk Assessment—A Workshop Report ». *Planta Medica* 88 (2): 98-117. <https://doi.org/10.1055/a-1646-3618>.

AUTRES ALIMENTS

Toujours selon le projet PASHERBS de l'agence gouvernementale belge Sciensano^{Erreur ! Signet non défini.}, « Il est apparu que le lait et les produits laitiers étaient de loin les principaux contributeurs à l'ingestion totale de PAs/PANOs pour chaque catégorie d'âge, bien que les niveaux de concentration détectés dans ce groupe alimentaire étaient les plus faibles ».

COSMETIQUE

Pour ce qui concerne le secteur des produits cosmétiques, peu d'études ont été menées - ou ont donné des résultats satisfaisants - pour évaluer les risques d'absorption d'AP par application cutanée. Il n'y a pas actuellement de réglementation concernant les APs dans le domaine de la cosmétique. Néanmoins, un rapport de l'Agence Européenne des Médicaments de juillet 2020³¹ recommande de s'assurer que, dans le cas d'un produit à base des plantes applicable sur une peau intacte, la limite journalière maximale soit de moins de 1,0 µg d'APs pour un adulte.

HUILES ESSENTIELLES (HE)

Les APs sont des molécules hydrosolubles et non pas liposolubles. Comme vérifié très récemment expérimentalement par Giera et al.³², elles ne passent pas donc dans les HE lors de la distillation et ces produits ne sont donc pas concernés par la réglementation sur les APs. Pour ce qui concerne les hydrolats, il n'y a pas de données concernant le passage d'APs dans le processus de distillation. En tout cas, la réglementation EU qui rentrera en vigueur en juillet 2022 ne concerne pas ce type de produits.

PRODUIT A BASE DE PLANTES DESTINES AUX ANIMAUX

Pour ce qui concerne les aliments pour animaux, l'Union Européenne a réglementé la teneur maximale d'alcaloïdes à « 3 000 mg pour les graines de mauvaises herbes et les fruits non moulus ni broyés contenant des alcaloïdes, des glucosides ou autres substances toxiques et les fruits, par kg d'alimentation animale totale (relative à un aliment pour animaux dont la teneur en humidité est de 12 pour cent).

La teneur maximale pour *Crotalaria* spp. est de 100 mg de graines/kg d'aliment pour animaux (Union européenne, 2010) »³³. Rappelons que certaines espèces de *Crotalaria* sont préconisées³⁴ et largement utilisées comme engrais vert et en protection des cultures en agriculture tropicale.

³¹ EMA (2020) Public statement on the use of herbal medicinal products containing toxic, unsaturated pyrrolizidine alkaloids (PAs) including recommendations regarding contamination of herbal medicinal products with pyrrolizidine alkaloids EMA/HMPC/893108/2011 Rev. 1

³² Giera, David S., Michael Preisitsch, Hugues Brevard, et Jörn Nemetz. 2021. « Quantitative Removal of Pyrrolizidine Alkaloids from Essential Oils by the Hydrodistillation Step in Their Manufacturing Process ». *Planta Medica*, juillet. <https://doi.org/10.1055/a-1534-6928>.

³³ FAO, JECFA (2020). Safety evaluation of certain food additives and contaminants. Supplement 2: Pyrrolizidine alkaloids. WHO Food additive series: 71-S2 Prepared by the eightieth meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)

³⁴ Deberdt, Péninna, Alain Soler, Raphael Achard, et Christian Lavigne Cirad-Caec. s. d. « Les crotalaires apportent de multiples services en agroécologie », 1

2 LES ALCALOÏDES TROPANIQUES (ATs) ET LA REGLEMENTATION POUR LES PPAM

2.1 QUE SONT LES ATs?

Les alcaloïdes tropaniques (ATs), sont des métabolites secondaires caractérisés par un noyau tropane. Plus de 200 ATs différents ont été décrits à échelle mondiale, appartenant à différentes familles botaniques comme les Solanaceae, les Brassicaceae et les Erythroxylaceae³⁵. Les ATs les plus étudiés sont la scopolamine et l'hyoscyamine ; Le mélange racémique de (-) - hyoscyamine et (+) - hyoscyamine est appelé atropine³⁶.

En France métropolitaine, les espèces de plantes qui contiennent ces types d'alcaloïdes appartiennent à la famille des Solanaceae, et sont le datura stramoine (*Datura stramonium*), la jusquiame noire (*Hyoscyamus niger*), la belladonne (*Atropa Belladonna*). La concentration de ces alcaloïdes est souvent plus importante dans les racines et les graines³⁷.

2.2 RISQUES POUR LA SANTE HUMAINE

Les ATs sont des molécules connues pour être neurotoxiques (états euphoriques, hallucination, désorientation) et « pour provoquer des troubles cardiaques, principalement liés à des troubles de la fréquence cardiaque »³⁸. En 2009, lors des intoxications par les ATs à la suite de contaminations de lots de sarrasin, l'AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments), avait identifié les effets toxiques suivants : apparition d'une mydriase, tachycardie, augmentation des sécrétions salivaires et gastriques, de la sudation et effets négatifs sur le système nerveux central (état de confusion)³⁹.

2.3 CONTAMINATION PAR LES ATs DES DENREES ALIMENTAIRES

Les aliments humains qui ont été le plus souvent indiqués comme contenant des ATs sont : le sarrasin, les haricots, le soja, les graines de lin, les baies bleues ou noires, les fleurs comestibles, les plantes à tisanes et les préparations à base de plantes⁴⁰.

Une étude publiée en 2017, sur l'occurrence mondiale de la contamination par les AT dans les denrées alimentaires, répertoriait entre 1978 et 2014 un grand nombre de produits contaminés, où les plantes

³⁵ Arcella, D., & Altieri, A. (2018). Human acute exposure assessment to tropane alkaloids. *EFSA Journal*, 16(2).

³⁶ Arcella, D., & Altieri, A. (2018). Human acute exposure assessment to tropane alkaloids. *EFSA Journal*, 16(2).

³⁷ Adamse, P., Van Egmond, H. P., Noordam, M. Y., Mulder, P. P. J., & De Nijs, M. (2014). Tropane alkaloids in food: poisoning incidents. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 6(1), 15-24.

³⁸ Kukula-Koch, W. A., & Widelski, J. (2017). Alkaloids. In *Pharmacognosy* (pp. 163-198). Academic Press.

³⁹ AFSSA (2009). AVIS de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à la présence d'alcaloïdes (atropine¹ et scopolamine) en tant que substances indésirables dans la farine de sarrasin destinée à la consommation humaine et à la pertinence du seuil de gestion provisoire proposé par la DGCCRF, Saisine n° 2008-SA-0221

⁴⁰ Adamse, P., Van Egmond, H. P., Noordam, M. Y., Mulder, P. P. J., & De Nijs, M. (2014). Tropane alkaloids in food: poisoning incidents. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 6(1), 15-24.

à infusions avaient un rôle central comme source d'intoxication⁴¹. Un rapport scientifique publié par le CONTAM Panel de l'EFSA, a évalué le risque aigu d'exposition aux ATs dans l'alimentation humaine. Ils ont analysé les résultats de 39 725 produits sur lesquels ont été échantillonnés 31 ATs, entre 2009 et 2016 en 13 pays européens⁴². Selon cette étude « des occurrences de valeurs élevées ont été trouvées pour l'atropine dans les 'Thé et herbes pour infusions' (MB moyen, 9,5 µg/kg), les 'Barres de céréales' (MB moyen, 6,3 µg/kg) et les 'Épices' (c.-à-d. Graines de coriandre, MB moyen, 35,0 µg/kg, graines de fenouil, BM moyen, 7,1 µg/kg) ; pour la scopolamine dans les 'thés pour nourrissons et jeunes enfants' (MB moyen, 8,5 µg/kg) et les 'Epices' (c'est-à-dire MB moyen de graines de coriandre, 22,0 µg/kg) »⁴³.

C'est au moment de la récolte qu'il y a un risque important de contamination de la matière végétale et donc une inspection dans les champs avant la récolte est nécessaire pour éviter une contamination croisée et des futurs problèmes lors de la vente⁴⁴.

2.4 REGLEMENTATION SUR LES ATs

La réglementation Européenne sur les ATs est le Règlement (UE) 2016/239 du 19 février 2016 qui fixe les teneurs maximales en alcaloïdes tropaniques dans certains aliments à base de céréales pour nourrissons et enfants en bas âge⁴⁵.

Les teneurs maximales décidées sont les résultats d'une évaluation sur les risques sur la santé humaine sur la base de la DARf (dose aiguë de référence) établie dans le cas d'une toxicité aiguë, consécutive à l'ingestion des ATs durant une journée après l'ingestion. Dans le cas des ATs, les toxicologues ont établi une DARf de 0,016 µg/kg de poids corporel. Les teneurs maximales proposées donc dans le nouveau règlement sont indiquées dans l'Image 3.

Pour ce qui concerne les autres denrées alimentaires, il n'y a pas encore un règlement existant. L'Union Européenne a publié en 2015 des recommandations⁴⁶ pour les états membres, pour surveiller la présence d'AT dans d'autres aliments, entre autres : les céréales pour le petit déjeuner, les grains destinés à la consommation humaine, les compléments alimentaires, thés et infusions, les légumineuses potagères fraîches ou séchées, les graines oléagineuses. Selon ce règlement, « la limite de quantification de l'atropine et de la scopolamine devrait, de préférence, être inférieure à 5 µg/kg et ne pas dépasser 10 µg/kg pour les matières premières agricoles, les ingrédients, les compléments alimentaires et les tisanes, et devrait, de préférence, être inférieure à 2 µg/kg pour les produits finis (les céréales pour petit-

⁴¹ Chan, T. Y. (2017). Worldwide occurrence and investigations of contamination of herbal medicines by tropane alkaloids. *Toxins*, 9(9), 284.

⁴² Arcella, D., & Altieri, A. (2018). Human acute exposure assessment to tropane alkaloids. *EFSA Journal*, 16(2).

⁴³ Arcella, D., & Altieri, A. (2018). Human acute exposure assessment to tropane alkaloids. *EFSA Journal*, 16(2).

⁴⁴ Chan, T. Y. (2017). Worldwide occurrence and investigations of contamination of herbal medicines by tropane alkaloids. *Toxins*, 9(9), 284.

⁴⁵ Règlement (UE) 2016/239 de la commission du 19 février 2016 modifiant le règlement (CE) no 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en alcaloïdes tropaniques dans certains aliments à base de céréales pour nourrissons et enfants en bas âge <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=celex%3A32016R0239> vu le 22/03/2021

⁴⁶ Recommandations (UE) 2015/976 de la commission du 19 juin 2015 sur le suivi de la présence d'alcaloïdes tropaniques dans les denrées alimentaires, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015H0976&from=ET>

déjeuner par exemple) et à 1 µg/kg pour les aliments à base de céréales destinés aux nourrissons et aux enfants en bas âge ».

Néanmoins, une nouvelle réglementation est en cours au niveau européen, pour élargir la réglementation existante à autres catégories comme le maïs grain, le maïs popcorn, le millet, le sorgho et le sarrasin. « Sur maïs grain, cette future réglementation prévoit une teneur maximale réglementaire de 15 µg/kg sur la somme atropine et scopolamine. Pour le maïs popcorn, le millet et le sorgho, la teneur maximale serait fixée à 5 µg/kg pour cette même somme. Et enfin, pour le sarrasin, la future réglementation serait à 10 µg/kg pour la somme des deux molécules »⁴⁷.

Le texte a été modifié en août 2021⁴⁸ ce qui donne le tableau ci-dessous. Notons que ce texte n'était ni paru ni connu lors de la phase d'enquête en mars avril 2021 :

À l'annexe du règlement (CE) n° 1831/2006, section 8, le point 8.2 est remplacé par le texte suivant:

»Dentrées alimentaires (4)		Teneur maximale (µg/kg)	
8.2.	Alcaloïdes tropaniques (*)		
		Atropine	Scopolamine
8.2.1.	Préparations à base de céréales et aliments pour nourrissons et enfants en bas âge contenant du millet, du sorgho, du sarrasin, du maïs ou des produits qui en sont dérivés (5) (6)	1,0	1,0
		Somme de l'atropine et de la scopolamine	
8.2.2.	Millet et sorgho bruts (4)	5,0 à partir du 1 ^{er} septembre 2022	
8.2.3.	Maïs brut (4), à l'exception — du maïs brut destiné à être transformé par mouture humide (7) et — du maïs brut destiné au soufflage	15 à partir du 1 ^{er} septembre 2022	
8.2.4.	Sarrasin brut (4)	10 à partir du 1 ^{er} septembre 2022	
8.2.5.	Maïs destiné au soufflage Millet, sorgho et maïs mis sur le marché à destination du consommateur final Produits de mouture du millet, du sorgho et du maïs	5,0 à partir du 1 ^{er} septembre 2022	
8.2.6.	Sarrasin mis sur le marché à destination du consommateur final Produits de mouture du sarrasin	10 à partir du 1 ^{er} septembre 2022	
8.2.7.	Infusions (produit séché), à l'exception des infusions visées au point 8.2.8	25 à partir du 1 ^{er} septembre 2022	
8.2.8.	Infusions (produit séché) de graines d'anis	50 à partir du 1 ^{er} septembre 2022	
8.2.9.	Infusions (liquides)	0,20 à partir du 1 ^{er} septembre 2022	

(*) Les alcaloïdes tropaniques visés sont l'atropine et la scopolamine.»

Ces nouvelles exigences seront opérationnelles et concerneront les conséquences de contaminations des récoltes 2022 avec le datura. Ainsi, les exigences en termes de seuil de nuisibilité sont très faibles avec moins de 10 graines de datura par tonne de matière sèche récoltée pour ne pas dépasser la limite

⁴⁷ ARVALIS (2021). Datura : vers des seuils réglementaires en alcaloïdes tropaniques, du 04/03/2021, de <https://www.arvalis-infos.fr/datura-vers-des-seuils-reglementaires-en-alcalo-des-tropaniques-@/view-34314-arvarticle.html>, vu le 22/03/2021

⁴⁸ RÈGLEMENT (UE) 2021/1408 DE LA COMMISSION du 27 août 2021 modifiant le règlement (CE) no 1831/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales de certaines denrées alimentaires en alcaloïdes tropaniques

de 25 ppb (§8.2.7 du règlement) dans le produit fini ce qui est difficile à atteindre sans accès aux solutions ad hoc tout au long de la culture.

Pour avoir une idée du niveau de contamination possible au champ, une étude ARVALIS de 2017 « a mis en évidence une bonne corrélation entre la teneur en graines de datura et la teneur en alcaloïdes tropaniques des lots de maïs. L'étude a permis d'établir qu'un gramme de graine de datura contient en moyenne 4 443 µg d'alcaloïdes tropaniques, ce qui signifie qu'une graine de datura équivaut à 28 µg d'alcaloïdes tropaniques. Pour suivre les nouveaux seuils envisagés, cela reviendrait à rechercher : pour le maïs grain, une graine de datura dans 2 kg de maïs (pour 15 µg/kg) ; pour le sarrasin, une graine de datura dans 3 kg de grains (pour 10 µg/kg) ; pour le maïs popcorn, le millet et le sorgho, une graine de datura dans 6 kg de grains (pour 5 µg/kg) »⁴⁷.

L'iteipmai a rédigé une fiche dédiée aux alcaloïdes tropaniques en octobre 2021. Elle est présentée en Annexe et aussi sur le site de l'iteipmai.

PARTIE II

ENQUETE : PRESENTATION ET RESULTATS

L'investigation visera à comprendre quelles sont les conséquences technico-économiques sur la filière PPAM de la mise en place de la nouvelle réglementation Européenne visant à réduire la contamination des cultures de PPAM par les alcaloïdes pyrrolizidiniques présents dans certaines adventices. En même temps, une attention particulière sera prêtée aux conséquences de la disparition progressive, à moyen-longue terme, des herbicides homologués sur les cultures de PPAM.

La limitation géographique à la France métropolitaine permet de faire des comparaisons réalistes entre les acteurs de la filière vu les conditions similaires de climat, flore, conditions et coût du travail, de marché dans les différentes régions de l'hexagone. Notre enquête se concentre autour de la problématique de la contamination par AP car c'est, au moment de l'enquête, la problématique majeure due aux adventices dans la filière PPAM. D'autres alcaloïdes toxiques peuvent contaminer les cultures, comme les alcaloïdes tropaniques. Ils seront traités de façon moins approfondie et avec surtout l'objectif de tester la connaissance que les acteurs ont de ces molécules qui ont déjà engendré des cas de contamination de denrées alimentaires en France.

Les acteurs de la filière seront répartis selon trois catégories présentées ci-dessous :

AMONT

Par « amont », on entend ici les exploitants agricoles, les cueilleurs et les coopératives réunissant les uns ou les autres. Les producteurs de la filière bio et conventionnelle ont été interrogés. Les conséquences technico-économiques des changements à venir ne sont pas les mêmes pour les deux filières. Une vision d'ensemble permettra de comprendre les enjeux et les facteurs limitants pour les deux secteurs, de comparer les connaissances et les stratégies d'adaptation qui diffèrent selon les choix opérationnels et de trouver des solutions intéressantes qui peuvent être bénéfiques à l'ensemble de la filière.

Pour chaque « producteur », des caractéristiques clé seront demandées pour permettre une typologisation des acteurs et comprendre les stratégies plus adaptées à l'une ou l'autre typologie. À cette fin, des données ont été récoltées concernant la surface de production, la taille de la structure, le degré de spécialisation de la production, la destination commerciale, l'orientation de marché, la localisation géographique.

Pour analyser les conséquences technico-économiques de la nouvelle réglementation et de la possible disparition des herbicides, on prendra comme exemple un itinéraire technique (ITK) adopté par les producteurs, d'une culture susceptible d'être contaminée par les APs⁴⁹. Retraçant les différentes phases de production, une analyse des risques, des solutions mises en place et des coûts sera faite.

⁴⁹ Millepertuis, passiflore, matricaire, alchémille, réglisse, mélisse, menthe poivrée, sauge, pissenlit, thym, verveine citronnelle, anis vert, livèche, marjolaine, origan selon la réglementation (EU) 2020/2040 et ANSM (2016) Groupe de travail médicaments à base de plantes et médicaments homéopathiques N°1. Séance du 17 novembre 2016, Compte rendu de séance

L'objectif de l'enquête est d'interroger en majorité le secteur des producteurs (niveau idéalement fixé à 60 % de l'échantillon total) car ce sera le secteur auquel sont demandés le plus de changements et donc qui sera potentiellement le plus impacté. La sélection de l'échantillon a été faite dans le respect de la représentativité de la situation nationale, élargissant à toute la surface nationale la recherche, interrogeant petites, moyennes et grandes structures, en conventionnel comme en bio, dans différents secteurs de la filière. Le facteur limitant dans la participation des producteurs sera leur propre volonté et disponibilité à participer à la recherche.

AVAL

Par « aval » on entend ici tous les acteurs qui, dans la filière PPAM, s'occupent de la transformation des matières premières végétales et/ou qui mettent sur le marché un produit fini pour différents usages (médicinal, cosmétique, alimentaire, vétérinaire, ...). Les acteurs de l'aval dans la filière bio et conventionnelle ont été interrogés.

Pour chaque « acteur de l'aval » des caractéristiques clé ont été individualisées pour permettre une typologisation des acteurs et comprendre les stratégies plus adaptées à l'une ou l'autre typologie : l'échelle de la structure (par nombre de dépendant et chiffre d'affaires), par bassin d'achat et vente (local, régional, national, international), et secteur de vente (médicinal, cosmétique, alimentaire, vétérinaire, plusieurs secteurs à la fois). Le pourcentage de participation de ce secteur a été idéalement fixé au niveau de 30 %. La sélection de l'échantillon a été faite dans le respect de la représentativité de la situation nationale et le facteur limitant dans la participation des acteurs de l'aval sera leur propre volonté et disponibilité à participer à la recherche.

ASSOCIATIONS ET SYNDICATS DE REPRESENTATION DE FILIERE

Pour « associations et syndicat » on entend ici les structures en France métropolitaine qui réunissent les acteurs de la filière PPAM pour défendre leurs intérêts et leur offrir des services. Pour avoir une idée des différentes typologies de structures, des informations ont été récoltées sur : l'échelle de la structure (nombre d'adhérents), l'échelle d'action (locale, régionale, nationale, internationale), les types d'acteurs représentés par l'association (homogène ou hétérogène par secteur). Le pourcentage de participation de ce secteur a été idéalement fixé au niveau de 10 %. Leur participation à l'étude nous a permis de croiser les données avec ceux des deux secteurs différents cités avant, avoir une vision d'ensemble de la filière et des différents enjeux pour différents intérêts. La sélection de l'échantillon a été faite dans le respect de la représentativité de la situation nationale. Le facteur limitant dans la participation des associations et syndicats a été leur propre volonté et disponibilité à participer à la recherche.

HYPOTHESES DE RECHERCHE

La construction des questionnaires pour les trois secteurs de la filière était basée sur quelques hypothèses de base :

- Méconnaissance par une partie du secteur de production de la problématique que les AP représentent pour la santé humaine et animale, difficulté à reconnaître - botaniquement parlant- des adventices problématiques et méconnaissance de la réglementation à venir ;
- Méconnaissance déterminée par différents facteurs tels que l'échelle de l'exploitation (petite/grande), l'isolement (adhésion à une association, un syndicat ou aucun contact avec ces structures) et la distribution commerciale (vente directe/vente en gros) ;
- Certains acteurs de la filière peuvent se sentir moins concernés et donc être moins motivés à changer leurs pratiques (ex. petite échelle, vente directe) ;
- Lourdes conséquences technico-économiques prévues pour le secteur de la production en France (prévision d'une augmentation de coûts de production, de main d'œuvre, de mécanisation, abandon de certaines cultures) ;

QUESTIONNAIRE DE L'ENQUETE

Les hypothèses de recherche ont donc suscité les questions suivantes :

Q1 : Quel niveau de connaissance ont les différents acteurs de la filière, par rapport : aux AP et leur impact sur la santé humaine/animale, à la reconnaissance botanique des plantes à AP, la réglementation à venir ? (AMONT, AVAL, ASSO)

Q2 : Pour ce qui concerne le secteur de la production, est-ce que cette méconnaissance/connaissance est hétérogène entre les différents acteurs ou est-elle définie par des caractéristiques intrinsèques aux choix opérationnels (échelle, commercialisation, inclusion dans des réseaux de production) ? (AMONT)

Q3 : Est-ce que tous les acteurs de la filière se sentent impactés au même niveau par la nouvelle réglementation ou y a-t-il des différences dictées par des conditions intrinsèques aux choix opérationnels ? (AMONT, AVAL, ASSO)

Q4 : À la suite de la prise de conscience sur la contamination par les AP, quelles sont aujourd'hui les conséquences techniques sur les choix opérationnels des différents acteurs de la filière à différentes étapes (production/transformation et commercialisation) ? Et quelles seront les conséquences demain, avec une diminution des herbicides disponibles à la production et la réglementation entrante ? (AMONT, AVAL, ASSO)

Q6 : À la suite de la prise de conscience sur la contamination par AP, quels sont aujourd'hui les coûts économiques sur les choix opérationnels des différents acteurs de la filière à différentes étapes (production/transformation et commercialisation) ? Et quels pourront être les coûts demain, avec une diminution des herbicides disponibles à la production et la réglementation entrante ? (AMONT, AVAL, ASSO)

METHODE DE RECHERCHE

Pour répondre aux questions de recherche, 3 questionnaires différents ont été créés :

- un pour le secteur de l'amont,
- un pour le secteur de l'aval,
- un pour les organismes de support (associations, syndicats).

Chaque questionnaire était divisé en 4 parties distinctes :

- 1) Questions générales sur la structure pour pouvoir faire une « typologie » (ex. secteur d'activité, taille, chiffre d'affaires, orientation de commercialisation, bassin de production, bassin de vente...).
- 2) Questions pour évaluer la connaissance des acteurs sur les APs et ATs et la réglementation à venir, pour comprendre qui connaît cette problématique et qui se sent concerné, qui connaît la législation et qui se sent concerné par la législation.
- 3) Questions sur les actions supplémentaires mises en place par les entreprises pour éviter une contamination par les APs de la matière végétale et sur les conséquences technico-économiques de ces actions ; plus précisément, questions sur les pratiques de production et transformation pour le secteur de l'amont, sur l'achat, la transformation et la vente des matières végétales pour l'aval, et sur les actions de sensibilisation pour les organismes de support.
- 4) Questions concernant la vision des acteurs sur le futur de la filière, à la suite de l'entrée en vigueur de la réglementation et une possible disparition des herbicides à moyen-long terme. Les questions posées visaient à comprendre leur volonté d'investissement, les risques d'abandon de cultures, les possibles cessations d'activité à cause de contraintes techniques, les conséquences sur la filière PPAM en France et les actions envisagées ou préconisées pour soutenir la filière.

Les acteurs contactés pour cette enquête ont été trouvés par différents moyens :

- En utilisant la liste des adhérents de l'iteipmai ;
- En cherchant par internet les producteurs/transformateurs/revendeurs au niveau national ;
- En demandant d'autres contacts lors des interviews ;
- En faisant référence aux acteurs de la filière présentée dans des documents techniques faits par le CPPARM et d'autres organismes de secteur (ex. Chambres d'agriculture régionales, groupement d'agriculteurs biologiques régionaux, etc).

Deux principales limites à la généralisation de l'enquête à tous types d'acteurs : d'une part, il était plus simple de trouver, par le biais d'internet, des contacts avec des entreprises bio et de petite taille car ce type d'acteurs utilise plus la vitrine des sites ; d'autre part, d'autres acteurs ont été plus difficiles à trouver à cause d'un manque d'une « vitrine internet » ou parce que pas affilié à un réseau de filière (ex. gros producteurs bio/conventionnel avec productions PPAM secondaire ou marginale et/ou vente en gros).

Le premier contact avec les acteurs de la filière a été fait par e-mail, puis par téléphone pour convenir d'un rendez-vous. Les interviews ont été effectués par rendez-vous téléphonique, par visioconférence ou en présentiel lorsque c'était possible (donc principalement des acteurs du 49). Certains acteurs,

surtout parmi les syndicats, ont préféré répondre par écrit pour pouvoir avoir le temps de récolter les opinions de leurs adhérents.

Les entretiens ont duré entre 25 et 50 minutes selon le secteur de filière. Si les acteurs ne connaissent pas la problématique des AP et la réglementation à venir, une explication leur était donnée avec des détails techniques et réglementaires, pour les informer sur l'état des lieux de la situation.

RESULTATS

ECHANTILLON ENQUETE

En total, 206 acteurs ont été contactés par e-mail et téléphone pour leur demander leur disponibilité à participer à l'enquête. 44 acteurs de la filière n'ont pas donné de réponse malgré plusieurs sollicitations et 77 acteurs ont répondu qu'ils ne souhaitaient pas participer pour les raisons suivantes :

- 1) Pas intéressés : 44,
- 2) Pas concernés car ils produisent des huiles essentielles, ou ne font que de la cueillette sauvage d'espèces arbustives, ou ont le sentiment de ne pas être concernés par la problématique : 17
- 3) Pas le temps de répondre : 12,
- 4) Décident de laisser parler à leur place d'autres acteurs de la filière qui peuvent les représenter : 4

Donc du 1^{er} février au 25 mars 2021, **85 acteurs** de la filière ont répondu à l'enquête. C'est à partir de cet échantillon que nous allons tirer nos conclusions par rapport à la problématique des AP dans la filière PPAM en France métropolitaine.

Sur ces 85 acteurs :

- 55 sont de l'amont (7 coopératives et 48 entreprises indépendantes)
- 23 sont de l'aval
- 7 associations ou syndicats de filière

Les acteurs interrogés appartenaient à 40 départements différents sur le territoire de l'hexagone, avec une forte participation des acteurs du Maine et Loire (20) et de la Drôme (9).

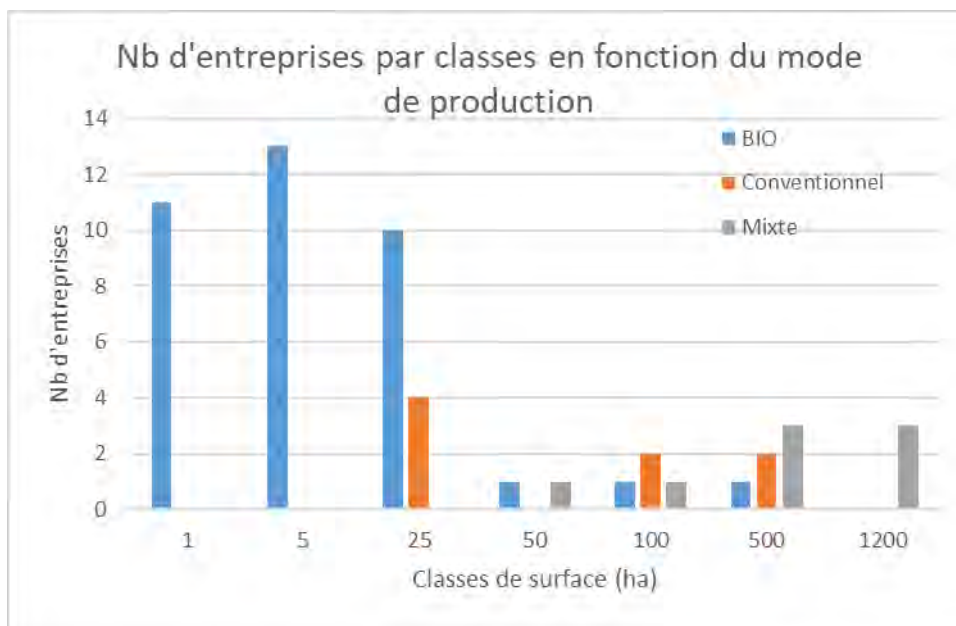
TYOLOGIE D'ACTEURS

AMONT

80 % des producteurs interviewés produisent des PPAM et les transforment ensuite (séchage, distillation, macération). Ceux qui ne sont que producteurs sont :

- soit des producteurs en plantes aromatiques fraîches pour la consommation alimentaire,
- soit des producteurs qui fournissent des coopératives, lesquelles s'occupent de la partie transformation.

Pour ce qui concerne les 55 producteurs (hors cueilleurs), les surfaces en production vont de très petites productions (0,2 ha) à de très grandes surfaces (1 200 ha : il s'agit dans ce cas d'une coopérative).



Le total des surfaces de PPAM déclarées par les structures enquêtées est d'un peu plus de 5 000 ha (producteurs hors cueilleurs) soit **20 %** des surfaces de la production française répertoriée par FranceAgriMer (bilan 2020⁵⁰), si on retranche les surfaces liées au pavot et aux plantes destinées à la distillation.

La surface moyenne des structures BIO est de 7 ha. Elle est de 124 ha pour les conventionnelles et de 464 ha pour les mixtes.

En BIO, 51 % des entreprises font moins de 5 ha et 93,6 % font moins de 25 ha.

En conventionnel, les surfaces des entreprises font entre 10 et 500 ha.

Pour les exploitations en mode mixte, 60 % ont une surface comprise entre 100 et 1 200 ha.

Remarque : sur les 55 exploitations ayant répondu aux interviews, les 2 qui n'ont pas indiqué de surface se définissent comme des cueilleurs stricts.

Types d'exploitation	Nombre exploitations	% nb exploitations	Somme des Surfaces ha	% des Surfaces	Moyenne des Surfaces ha
mixte	9	16,36%	4175	77,1%	463,89
BIO	38	69,09%	252,3	4,7%	7,01
conventionnel	8	14,55%	988,5	18,3%	123,56
Total général	55	100,00%	5415,8	100,0%	102,18

Les chiffres d'affaires vont de 5 000 €/an en 2020 pour la plus petite entreprise, jusqu'à 12 000 000 €/an pour la plus grande entreprise. Le modèle le plus récurrent est celui d'une entreprise plutôt spécialisée

⁵⁰ https://www.franceagrimer.fr/content/download/67749/document/20211212_MARCHE_PPAM_2020.pdf

sur les cultures des PPAM (42 acteurs dédient plus de 70 % de leur activité économique aux PPAM). Parmi ceux qui choisissent les PPAM en tant que diversification de production, on trouve des éleveurs et des exploitants en grandes cultures ou semences.

Sur les 7 coopératives, 4 (57 %) sont complètement en bio, 1 (14 %) en conventionnel et 2 (29 %) en mixte (= bio et conventionnel). La coopérative la plus petite compte 12 adhérents et la plus grande 110.

Pour les structures qui déclarent à la fois du BIO et du conventionnel, la surface en conventionnel est très majoritaire, de 75 à 90 %.

Si on répartit les surfaces des entreprises mixtes entre surfaces BIO et surfaces conventionnelles, le pourcentage de surface en bio calculé à partir des interviews est de l'ordre de 19 %. Cette valeur est proche des données de l'agence BIO⁵¹ : pour 2019, 8,5 % des surfaces agricoles tous secteurs confondus sont en BIO, ce pourcentage monte à 18 % des surfaces en PPAM. Dans son bilan 2020⁵² déjà cité, FranceAgriMer confirme que « La part de l'agriculture biologique dans la filière PPAM est toujours aussi importante, 18 % des surfaces PPAM totales en 2020 ».

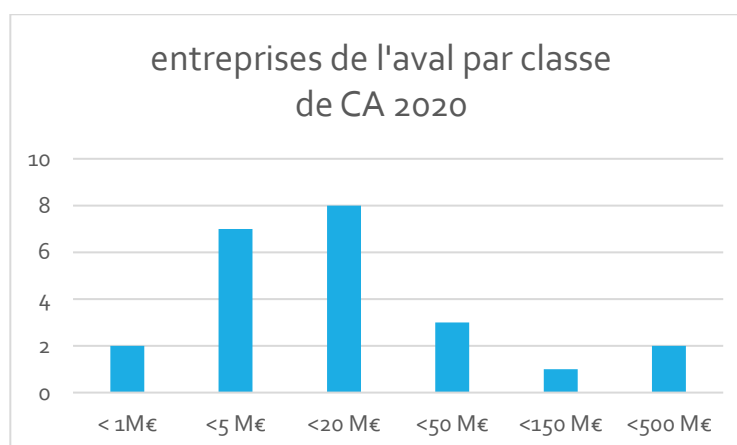
Nous pouvons donc considérer que notre échantillon est représentatif de l'ensemble des PPAM.

	BIO	conventionnel	TOTAL
surfaces en ha	1025,3	4390,5	5415,8
% de surfaces	19%	81 %	100%

10 acteurs interrogés vendent leurs produits à l'échelle régionale, 23 au niveau national et une minorité vend ses produits dans d'autres pays de l'UE (8) ou hors UE (6). Plus de la moitié des producteurs diversifient leur commercialisation en vendant à plusieurs débouchés. Les coopératives vendent à l'échelle régionale (6) ou nationale (5).

AVAL

Les chiffres d'affaires (CA) des entreprises sont variés, de 600 K€ jusqu'à 400 000 K€. Le plus grand nombre d'entreprises se trouve dans un intervalle compris entre 1 et 50 millions d'euros (petites et moyennes entreprises).



⁵¹ AGENCE BIO (9 juillet 2020) Les chiffres 2019 du secteur bio – Dossier de presse

⁵² https://www.franceagrimer.fr/content/download/67749/document/20211212_MARCHE_PPAM_2020.pdf

Les acteurs de l'aval traitent majoritairement (17/23) des matières végétales d'origine bio et d'origine conventionnelle. Ces matières végétales sont achetées localement (10), à échelle nationale (16), en Europe (9) et hors Europe (20) surtout pour des produits originaires de certains pays étrangers (ex. : thé, HE de ravinsara, d'ylang ylang, etc). Pour le bassin de vente, la majorité vendent leurs produits en France (17) mais aussi à l'étranger : 9 à l'intérieur des frontières EU et 17 Hors EU.

Parmi les répondants, un tiers ne vend ses produits qu'à un seul type de clients. Les deux autres tiers ont plusieurs types de clients, qui vont des metteurs en marché (16), les extracteurs/transformateurs (14) et les consommateurs finaux (8).

Les secteurs d'activité principaux déclarés par les répondants sont présentés dans le tableau suivant, un même acteur pouvant avoir plusieurs secteurs d'activité :

Secteur d'activité	Nombre d'acteurs
Alimentation humaine/ aliments pour la santé	10
Compléments alimentaires	9
Cosmétique	9
Herboristerie	7
Aromathérapie	6
Médicaments à base des plantes	5
Santé animale	2
Alimentation animale	2
Parfums et arômes	1

ASSOCIATIONS/SYNDICATS

Nous avons interviewé :

- 2 associations de producteurs,
- 2 syndicats de filière,
- 2 interprofessionnels,
- 1 organisme d'appui technique,
- 4 représentants des producteurs et/ou transformateurs de la filière PPAM,
- 1 organisme représentant les producteurs d'HE,
- 1 organisme de représentants des secteurs agricole et agroalimentaire.

Un syndicat ne représentait que des producteurs bio, les 6 autres représentaient les deux secteurs (bio et conventionnel).

CONNAISSANCE DES ALCALOÏDES TROPANIQUES (AT) ET IMPACT SUR LA FILIERE

AMONT

30 acteurs sur 55 ne connaissent pas les AT. Ceux qui les connaissent citent le plus souvent le Datura (*Datura stramonium*).

Connaissance AT	Nb entreprises	% entreprises
oui	15	27,3 %
un peu	10	18,2 %
non	30	54,5 %
total	55	100,0 %

Dans la très grande majorité, les acteurs (83,6 %) ne considèrent pas que les plantes à AT soient un problème pour leur exploitation, surtout en raison de leur absence dans les parcelles. 4 producteurs disent avoir des Datura dans leurs parcelles ou avoir déjà eu un lot refusé à cause de contamination par AT (départements concernés : 49, 40, 26, indifféremment du mode de production conventionnelle ou bio).

Impact AT	Nb entreprises	% entreprises	Surfaces	% surfaces	CA (M€)
oui	4	7,3 %	800,8	14,8 %	14,8
un peu	4	7,3 %	95,4	1,8 %	0,5
non	46	83,6 %	4 515,6	83,4 %	44,1
pas répondu	1	1,8 %	4	0,1 %	0,1
total	55	100,0 %	5 415,8	100,0 %	59,6

AVAL

La moitié des acteurs (12) connaissent les AT mais la majorité d'entre eux (19) ne considèrent pas que les plantes à AT soient un problème pour leur exploitation. Seulement 4 entreprises considèrent que ces alcaloïdes représentent un problème pour eux.

ASSOCIATIONS/SYNDICATS

Plus de la moitié (4/7) connaissent un peu la problématique des AT. 3 syndicats déclarent que ces plantes à AT représentent un problème pour leurs adhérents car elles sont présentes dans les parcelles de production.

CONNAISSANCE DES ALCALOÏDES PYRROLIZIDIINIQUES (AP), DE LA REGLEMENTATION EUROPEENNE ET IMPACT SUR LA FILIERE

AMONT (55 ACTEURS INTERVIEWES)

REPONSES A LA QUESTION « CONNAISSEZ-VOUS LES AP ? »

Il y avait 3 réponses possibles : oui, un peu, non

REPARTITION DES REPONSES SELON LE NIVEAU DE CONNAISSANCE :

Disent ne pas connaître les AP : 22 % des exploitations ayant répondu (1 % des surfaces) ; ce sont très majoritairement (92 %) des BIO.

Disent bien connaître les AP : 56 % des exploitations ayant répondu (85,5 % des surfaces) ; 60 % sont des BIO (2,5 % des surfaces), 26 % des mixtes (87 % des surfaces) et 16 % des conventionnels (10 % de surfaces).

Disent mal connaître les AP : 22 % des exploitations ayant répondu (13,5 % des surfaces) ; ce sont majoritairement (75 %) des BIO (12,5 % des surfaces), suivis par les conventionnels (17 % mais 70 % des surfaces) et les mixtes (8 % des entreprises et 18 % des surfaces).

Types d'exploitation	Nombre exploitations	% nb exploitations	Somme des Surfaces ha	% des Surfaces	Moyenne des Surfaces ha
NON	12	21,82%	56,4	1,0%	5,13
BIO	11	91,67%	46,4	82,3%	4,64
conventionnel	1	8,33%	10	17,7%	10,00
OUI	31	56,36%	4629,4	85,5%	154,31
mixte	8	25,81%	4045	87,4%	505,63
BIO	18	58,06%	114,4	2,5%	6,73
conventionnel	5	16,13%	470	10,2%	94,00
un peu	12	21,82%	730	13,5%	60,83
mixte	1	8,33%	130	17,8%	130,00
BIO	9	75,00%	91,5	12,5%	10,17
conventionnel	2	16,67%	508,5	69,7%	254,25
Total général	55	100,00%	5415,8	100,0%	102,18

REPARTITION DES REPONSES SELON LE MODE DE CULTURE :

Chez les BIO, 53 % (soit 54,7 % des surfaces interrogées) répondent qu'ils ne connaissent pas ou mal les AP.

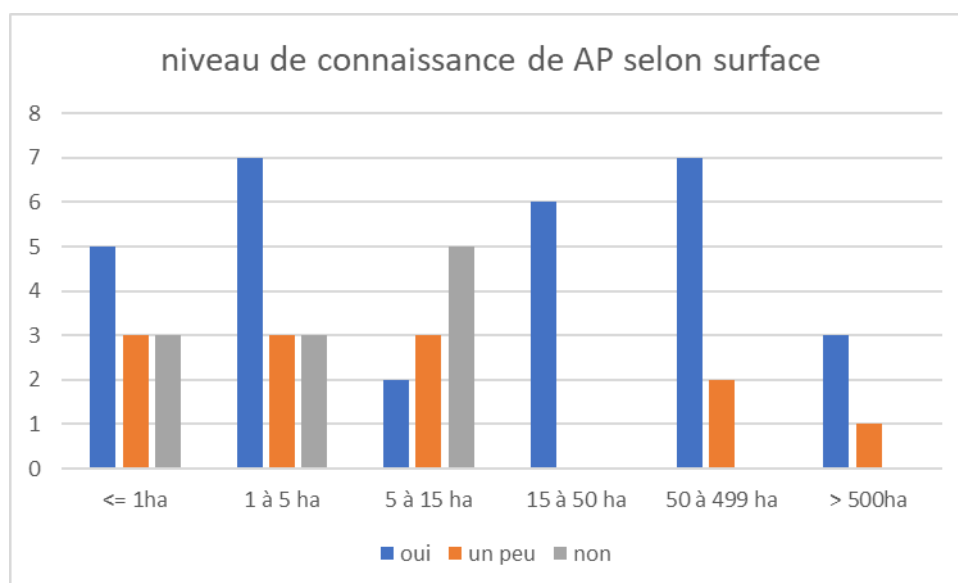
Chez les Conventionnels, 37,5 % (soit 52 % des surfaces interrogées) répondent qu'ils ne connaissent pas ou mal les AP.

Chez les Mixtes, aucun ne répond qu'il ne connaissait pas du tout les AP, 11 % répondent qu'ils connaissent mal les AP mais ils ne représentent que 3 % des surfaces interrogées.

Types d'exploitation	Nombre exploitations	% nb exploitations	Somme des Surfaces ha	% des Surfaces	Moyenne des Surfaces ha
mixte	9	16,36%	4175	77,1%	463,89
OUI	8	88,89%	4045	96,9%	505,63
un peu	1	11,11%	130	3,1%	130,00
BIO	38	69,09%	252,3	4,7%	7,01
NON	11	28,95%	46,4	18,4%	4,64
OUI	18	47,37%	114,4	45,3%	6,73
un peu	9	23,68%	91,5	36,3%	10,17
conventionnel	8	14,55%	988,5	18,3%	123,56
NON	1	12,50%	10	1,0%	10,00
OUI	5	62,50%	470	47,5%	94,00
un peu	2	25,00%	508,5	51,4%	254,25
1 Total général	55	100,00%	5415,8	100,0%	102,18

REPARTITION DES REPONSES SELON LA SURFACE :

Toutes les exploitations faisant plus de 15 ha disent connaître un peu ou bien les AP, ce qui représente 33 % des exploitations et 97 % des surfaces enquêtées. Seulement 11 entreprises n'avaient pas du tout entendu parler des AP et elles font toutes moins de 15 ha.



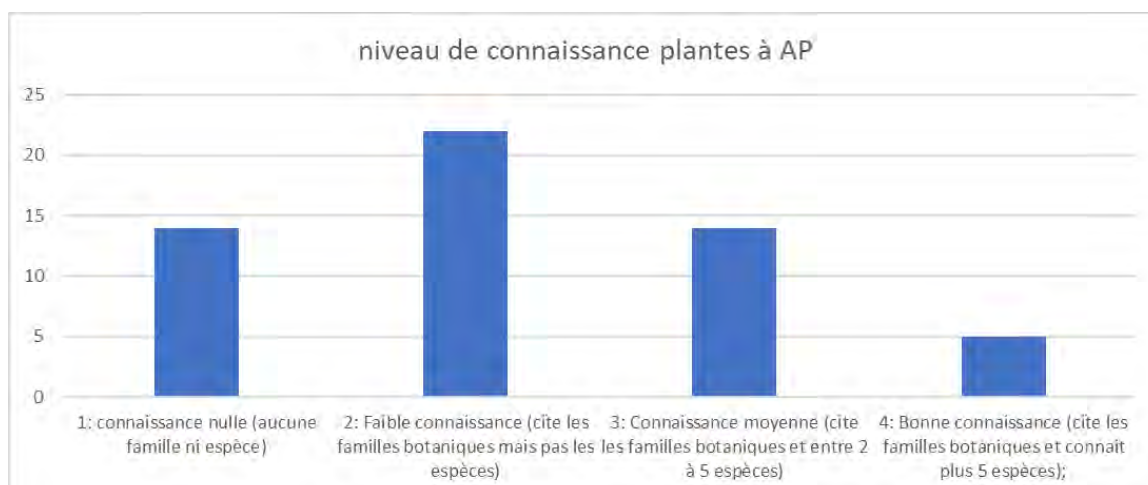
REPONSES A LA QUESTION « POUVEZ- VOUS ME CITER QUELQUES EXEMPLES DE PLANTES A ALCALOÏDES PYRROLIZIDINIQUES ? »

En fonction des réponses, le niveau de connaissance des AP par les entreprises est noté comme :

- 1 : Nulle (aucune famille ni espèce citée),
- 2 : Faible (cite les familles botaniques mais pas les espèces),
- 3 : Moyenne (cite les familles botaniques et 2 à 5 espèces),
- 4 : Bonne (cite les familles botaniques et connaît plus de 5 espèces).

Seulement 14 des 55 acteurs de l'amont (25,5 %) ne connaissaient pas du tout les APs (il s'agit alors plutôt de petites/moyennes entreprises). En tout, 66 % ne les connaissaient pas ou très mal.

Les autres, soit 19 (34,5 %), en ont une connaissance moyenne ou bonne et peuvent citer plus de 2 espèces productrices d'AP ; ils en ont pris connaissance principalement soit par le réseau (iteipmai, syndicats, collègues) soit par des clients. Le séneçon commun est alors l'espèce la plus citée.



COMPARAISON DU NIVEAU DE CONNAISSANCE DES AP DECLARE PAR LES ENTREPRISES ET DU NIVEAU ESTIME PAR LE QUESTIONNAIRE.

Les entreprises qui disent ne pas les connaître ne les connaissent en effet pas.

Parmi les entreprises qui pensent bien les connaître, la moitié seulement en a une connaissance jugée bonne à moyenne.

	oui	un peu	non
nulle	1	1	12
faible	15	7	0
moyenne	10	4	0
bonne	5	0	0

Après présentation de la liste des adventices à AP, seulement 7 sont citées comme problématiques :

Adventices	nb de citations
séneçon commun	8
séneçon jacobée	2
bourrache	2
vipérine	1
héliotrope	1
tussilage	1
buglosse	1

Remarque : Nous avons revu en détail les bulletins d'analyses réalisés entre 2018 et mai 2022 par un laboratoire prestataire sur mélisse (36 échantillons) et thym (45 échantillons).

Nous avons considéré l'origine des alcaloïdes de la façon suivante (seules les formes tertiaires sont indiquées mais c'est la même chose pour les formes Noxydes) :

seneçon	érucifoline	jacobine	rétrorsine	sénécionine	sénéciphylline	sénécivernine	senkirkine
héliotrope	europine	héliotrine					
crotalaire	monocrotaline						
autres	échimidine	intermédiaire	lasiocarpine	lycopsamine	trichodesmine		

Pour la mélisse, les APs des séneçons sont majoritaires (c'est-à-dire représentent + de 75 % des APs totaux) dans 75 % des échantillons, les autres étant issus d'adventices non identifiées.

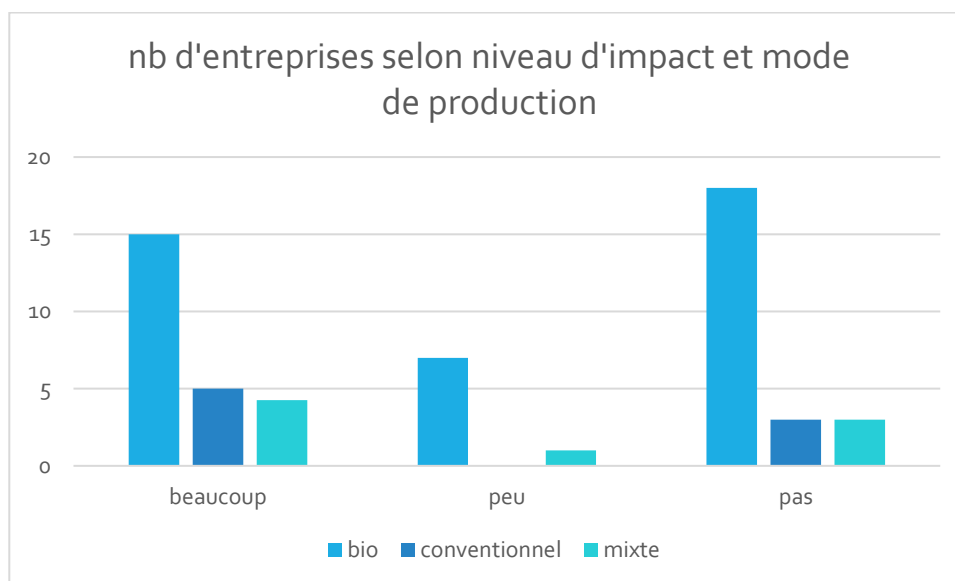
Pour le thym, les APs du séneçon sont majoritaires dans 60 % des cas, ceux de l'héliotrope sont majoritaires dans 18 % des cas, les APs des 22 % restants étant issus d'autres adventices non identifiées (vipérine, myosotis, cynoglosse ...).

Cet exemple illustre souligne la difficulté de lutter contre des adventices si les producteurs ne savent pas les identifier. Nous réaliserons donc prochainement un document présentant les principales adventices à AP de France métropolitaine.

Trente-trois entreprises (soit 60 % du total et représentant 44 % des surfaces) considèrent que ces plantes impactent un peu (8) ou beaucoup (25) leur exploitation :

	Nb d'entreprises	Surfaces (ha)	Surfaces (%)	CA 2020 (en €)
Impact fort	25	1 745,6	32	43 612 000
Impact faible	8	632,5	12	13 341 000
Pas d'impact	22	3 037,7	56	2 624 750
totaux	55	5 415,8	100	59 577 750

Le graphique ci-dessous montre le nombre d'entreprises en fonction du niveau d'impact et du mode de production :



Pour 23 de ces entreprises représentant près du ¼ des surfaces enquêtées, le principal problème est la présence de ces adventices dans les parcelles, suivi par la nécessité d'être vigilant tout au long de la culture, l'inefficacité du désherbage mécanique et les refus de lots à l'achat :

Causes (questionnaire fermé)	Impact faible			Impact fort		
	Nb (8)	Surface (ha)	% surfaces enquêtées	Nb (25)	Surface (ha)	% surfaces enquêtées
Forte présence de plantes à AP dans les parcelles	4	24,5	-	19	1236	23%
Vigilance nécessaire toute l'année pour le désherbage des adventices à AP	2	4	-	10	136	16%
Inefficacité du désherbage mécanique	-	-	-	8	284	5,2%
Lots refusés au moment de l'achat	-	-	-	6	870	16,1%

Les entreprises qui considèrent que les plantes à APs ne représentent pas un problème pour eux (22 sur 55), sont très majoritairement des producteurs :

- en vente directe (pas d'analyses demandées par le client)
- ou qui cultivent une toute petite surface et assurent donc chaque opération à la main, depuis le désherbage jusqu'à la récolte, ce qui limiterait la présence des corps étrangers dans la matière végétale.

Mais on trouve aussi dans cette catégorie les 2 plus grosses entreprises ayant répondu et qui représentent la majorité en surface (2 400 ha) de cette catégorie de répondants ; notons que l'une de ces 2 sociétés cultive majoritairement pour la production d'huiles essentielles et que sa production de plantes aromatiques se fait uniquement sur de petites surfaces, ce qui ramène au premier cas de figure.

Les surfaces qui ne seraient pas impactées représentent un peu plus de 3 000 ha soit 56 % des surfaces de l'enquête.

Plus de la moitié des interviewés (28) n'étaient pas au courant de la réglementation à venir (juillet 2022) sur les AP.

Après les avoir mis au courant lors de l'interview téléphonique, 25 producteurs sur 55 pensent que la réglementation peut représenter un vrai problème pour leur exploitation pour les raisons suivantes :

Causes évoquées (questionnaire fermé), plusieurs réponses possibles	Nb de réponses
7 : difficultés à assurer les niveaux et teneurs d'AP demandés par la réglementation	24
1 : augmentation du prix de production	9
3 : augmentation de la main d'œuvre nécessaire	7
2 : impossibilité de vendre les lots	6
4 : abandon de cultures qui demandent beaucoup de désherbage	4
6 : difficultés à internaliser les coûts suite à la demande de mise aux normes (par exemple : analyses AP pour chaque lot - intégration nouvelles technologies)	4
5 : augmentation du prix d'achat de matière végétale	0

Les 16 producteurs qui pensent que la réglementation ne représente pas vraiment un problème pour leur exploitation le pensent pour les raisons suivantes :

Causes évoquées (questionnaire fermé), plusieurs réponses possibles	Nb de réponses
3: pas de problème rencontré jusqu'à présent avec adventices à AP	9
4: Secteur d'activité pas encore concerné par la réglementation	8
1: l'acheteur ne demande pas d'analyse d'AP	2
2: capacité économique suffisante pour répondre aux exigences de la réglementation	0

AVAL (23 ACTEURS)

Seuls 3 acteurs sur 23 n'avaient jamais entendu parler des APs. Ceux qui les connaissaient déjà en avait eu connaissance principalement soit par le réseau (iteipmai, syndicats, collègues) soit par une veille scientifique et réglementaire.

Connaissance AP	Nb entreprises	en %
oui	19	82,6 %
un peu	1	4,3 %
non	3	13,0 %
total	23	100,0 %

Plus de la moitié des entreprises de l'aval affirment que ces plantes représentent un vrai problème pour leur entreprise, un peu plus d'un tiers répondent que non :

Les plantes à AP représentent un problème pour ma production	Nb entreprises	en %
oui	13	56,5 %
un peu	1	4,3 %
non	9	39,1 %
total	23	100,0 %

Plus de la moitié des entreprises de l'aval estime que la nouvelle réglementation va représenter un vrai problème pour leur entreprise alors que seulement 17,4 % déclarent ne pas être impactés :

Impact nouvelle réglementation AP	Nb entreprises	en %
oui	12	52,2 %
un peu	7	30,4 %
non	4	17,4 %
total	23	100,0 %

La crainte de ne pas pouvoir trouver sur le marché des plantes répondant aux normes AP est la raison principale des entreprises de l'aval qui estiment être impactées fortement ou un peu (82,6 % des répondants). Le tableau ci-dessous reprend l'ensemble des réponses exprimées :

Causes évoquées (questionnaire fermé), plusieurs réponses possibles	Nb de réponses
6 : difficulté du secteur de l'amont à assurer l'absence d'AP	9
2 : difficulté d'approvisionnement de certaines matières végétales car souvent contaminées	5
4 : incapacité à tenir les niveaux et teneurs d'AP de la réglementation	5
7 : échantillon/analyse du lot pas représentative de la totalité	4
1 : augmentation prix d'achat matière végétale	3
3 : incapacité à internaliser les coûts suite à une demande de mise aux normes	3
5 : non reproductibilité de la qualité de la matière première	1

Ceux qui estiment que ces alcaloïdes ne représentent pas un problème pour eux déclarent que c'est parce que leur client ne demande pas d'analyses (ex. secteurs herboristerie, cosmétique). Une minorité des interviewés (17,4 % soit 4 sur 23) n'avaient jamais entendu parler de la réglementation à venir sur les APs.

Pour ceux qui ne perçoivent pas cette nouvelle réglementation comme posant problème, c'est principalement parce que leur secteur ne leur paraît pas impacté par la réglementation (il s'agit alors d'entreprises du secteur de la Cosmétique, ou des Huiles Essentielles).

Causes évoquées (questionnaire fermé), plusieurs réponses possibles	Nb de réponses
3 : secteur d'activité de l'entreprise non concerné par la réglementation	5
4 : capacité à soutenir les niveaux et teneurs d'AP explicités dans la réglementation	2
1 : coûts de mise aux normes déjà internalisés	0
2: coûts de mise aux normes externalisés et soutenus par d'autres acteurs de la filière	0

ASSOCIATIONS/SYNDICATS

Tous les organismes connaissent la problématique des APs, même si leur connaissance des plantes productrices d'AP était plutôt limitée. 5 sur 7 considèrent que ces plantes sont problématiques pour leurs adhérents. Ils sont tous les 5 d'accord sur le fait que, pour leurs adhérents, c'est compliqué de respecter les teneurs en AP citées dans la réglementation. En général, les syndicats et associations pensent que ce problème devra être géré au niveau européen.

Tous les organismes connaissent la réglementation qui sera applicable en juillet 2022 et 6 sur 7 pensent que cette réglementation posera des problèmes à leurs adhérents, principalement en raison de l'impossibilité à tenir les niveaux d'AP spécifiés dans la réglementation.

SOLUTIONS ADOPTÉES (ET COUT) POUR EVITER UNE CONTAMINATION D'AP - CONSEQUENCES TECHNIQUES ET ECONOMIQUES SUR LA FILIERE PPAM

AMONT (55)

80 % des interviewés produisent, sur X ha, 3 ou plus d'espèces de plantes aromatiques et médicinales considérées comme à risque de contamination par les AP par la réglementation et l'ANSM. Les productions plus souvent citées, sont : mélisse (41), thym (37), menthe poivrée (35), sauge (32), origan (29), verveine citronnelle (26). Ces espèces sont produites par la moitié du groupe.

Pendant l'analyse des itinéraires techniques de production (ITK) nous avons pu constater que les phases considérées comme les plus critiques concernant de possibles contaminations des cultures par les APs sont, par ordre d'importance :

- l'entretien de la culture (différentes pratiques de désherbage),
- la récolte (mécanique, manuelle),
- le choix de la parcelle à l'implantation de la culture (travail du sol).

Les phases intermédiaires, comme l'approvisionnement en plantes et semences et les phases de transformation à la ferme (séchage, stockage, conditionnement) ont été identifiées comme ayant des risques nuls par rapport à la contamination par les APs. Les solutions mises en œuvre par les producteurs et les coopératives, pour éviter une contamination par les APs, sont présentées dans le tableau page suivante.

Etape de l'ITK	Solutions les plus cités (par les 55 ayant répondu)	Coûts – ou surcoût - envisagés
Choix des parcelles	<ul style="list-style-type: none"> -rotations de cultures (29) - faux semis (21) - engrais verts avant la culture (13) - choix des parcelles après observation et mise en culture sur parcelles relativement « propres » (9) - abandon des parcelles à haut risque de contamination (6) - stérilisation ou brûlage de sol (3) <p>Les engrais verts cités comme efficaces pour nettoyer les parcelles des adventices sont l'avoine et le seigle.</p> <p>Les faux semis ont été cités par un acteur comme plus simples à faire avec une plantation automnale de vivace, à la suite d'une culture de blé (période suffisante en été pour faire plusieurs faux semis).</p> <p>Le brûlage du sol a été indiqué comme une solution efficace contre les myosotis.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Brûleur à gaz</u> : de 1,6 K€ (d'occasion) à 30 K€ (neuf) (considéré être 100 fois plus cher à l'utilisation que le glyphosate) -<u>Stériliser le sol à la vapeur</u> : environ 10 K€ pour une machine pour les petites surfaces de l'ordre des m² (machine considérée comme très énergivore : 4-5 K€/ha pour un passage, donc ne convient pour grandes surfaces), et de 30 K€ à 150 K€ pour une machine qui peut stériliser une grande surface, plutôt pour des ha.
Approvisionnement en plantes et semences	<ul style="list-style-type: none"> -Achat de graines et plantes à des professionnels (29) -Autoproduction de boutures ou plantes (24) <p>Pas de risque identifié à cette étape spécifique à une contamination AP</p>	Pas de surcoût identifié à cette étape
Culture	<ul style="list-style-type: none"> - Désherbage manuel (43) - Binage mécanique (36) - Destruction et exportation d'adventices à AP (15) - Désherbage chimique (13) [= 24 %] - Formation du personnel d'entretien sur les adventices à AP (11) - Herse étrille après implantation de la culture (10) - Paillage des cultures (9) - Utilisation de nouvelles technologies (RTK, robot) (8) - Bineuse de précision entre rangs (5) - Binette électrique (3) <p>Les substances actives herbicides citées comme les plus efficaces contre le séneçon sont le clopiralid (5) et le bentazone (3). Les autres herbicides ont été qualifiés de peu efficaces.</p> <p>10 des acteurs en conventionnel interviewés soutiennent que si les herbicides venaient à</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Désherbage manuel</u> : entre 200 et 6 000 €/ha/an de surcoût - <u>Binage mécanique</u> : entre 200 et 400 €/ha/an - <u>Désherbage chimique</u> : de 70 à 400 €/ha, moyenne 180 €/ha - <u>Herse étrille</u> : coût de la machine d'occasion 2 500 €, et neuf 8 000 à 16 000 € - <u>Paillage des cultures</u> : 200 €/an de paille pour 1 000 m², 1 000€/an de copeaux de bois pour 1 000 m²

Etape de l'ITK	Solutions les plus cités (par les 55 ayant répondu)	Coûts – ou surcoût - envisagés
	<p>manquer dans un futur proche, leur système de production serait mis en danger.</p> <p>Solutions innovantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Enherbement naturel entre les rangs. Entretien de l'enherbement avec un rouleau Faca pour fatiguer la croissance des plantes et limiter la concurrence. Le sol est donc couvert avec une flore équilibrée et absence d'adventices à AP. - Semis de plante couvre sol entre les rangs pour éviter la pousse d'adventices à AP (ex. trèfle rampant) - augmenter la surveillance de la croissance des adventices : 6 heures de surveillance par semaine, tous les deux jours, de la croissance des adventices (90 €/ha/semaine de coût de travail) permet d'éviter 60 heures de désherbage manuel sur la même parcelle ensuite si l'observation n'est pas faite au bon moment (900 €/ha) - GPS pour planter de façon géométrique (50x50 distanciation = 40 000 plantes/ha) et pouvoir désherber dans les deux sens <p>Phase de l'ITK identifiée comme phase critique pour limiter la contamination d'AP dans les cultures</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Bineuse de précision entre les rangs</u> : de 70 000 à 150 000 € - <u>Camera pour binage de précision</u> : 40 000€ -<u>Système RTK</u> : 15 000-30 000€ -<u>Binette électrique</u> : de 1 800-3 200 € (considérée réduire le temps de binage manuel par 6) <p>Pour détection du DATURA : Prestation de service avec Drone qui survole les parcelles, pour reconnaître et indiquer sur une carte la présence de plantes de datura. Coût : 100€/ha, il faut faire une détection à chaque coupe et ensuite désherber manuellement les adventices.</p>
Récolte	<ul style="list-style-type: none"> - Désherbage manuel avant la récolte (17) - Récolte manuelle uniquement, donc attention à ne pas récolter d'adventices (11) -Pas de récolte si trop d'adventices (4) <p>Phase de l'ITK identifiée comme phase critique pour limiter la contamination d'AP dans les cultures (co-récolte)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - de 110 à 2 250 €/ha/an selon le salissement de la parcelle pour un désherbage manuel avant récolte
Cueillette sauvage	<ul style="list-style-type: none"> - Connaissance botanique précise de l'espèce cueillie (20) - Récolte entièrement à la main (18) <p>Dans tous les cas, les cueilleurs ont affirmé ne pas faire forcément attention aux plantes qui entourent celles récoltées.</p>	Pas de surcoût identifié à cette étape
Séchage	<ul style="list-style-type: none"> - Séchage à l'abri de la poussière (20) -Tri manuel des plantes avant et/ou après le séchage (8) - Nettoyage fréquent du séchoir (6) <p>Pas de risque identifié à cette étape spécifique à une contamination AP</p>	Pas de surcoût identifié à cette étape

Etape de l'ITK	Solutions les plus cités (par les 55 ayant répondu)	Coûts – ou surcoût - envisagés
Stockage	- Stockage avec du matériel étanche (24) Pas de risque identifié à cette étape spécifique à une contamination AP	Pas de surcoût identifié à cette étape
Échantillonnage	- Echantillonnage des lots (21) - Analyse de lot payée par le producteur/coopérative (6)	De 120 à 150 € pour une analyse AP sur un lot

Une approche originale au désherbage, est proposée par l'acteur « Adatris » basé dans le Maine et Loire. Il souligne l'importance dans la production bio de PPAM, d'observer la cinétique du développement des adventices afin d'agir au bon moment au niveau du désherbage mécanique pour éviter une augmentation exponentielle du travail de désherbage manuel.

Dans l'image 4, François DUVEAU, cogérant de l'entreprise Adatris présente le schéma d'action :

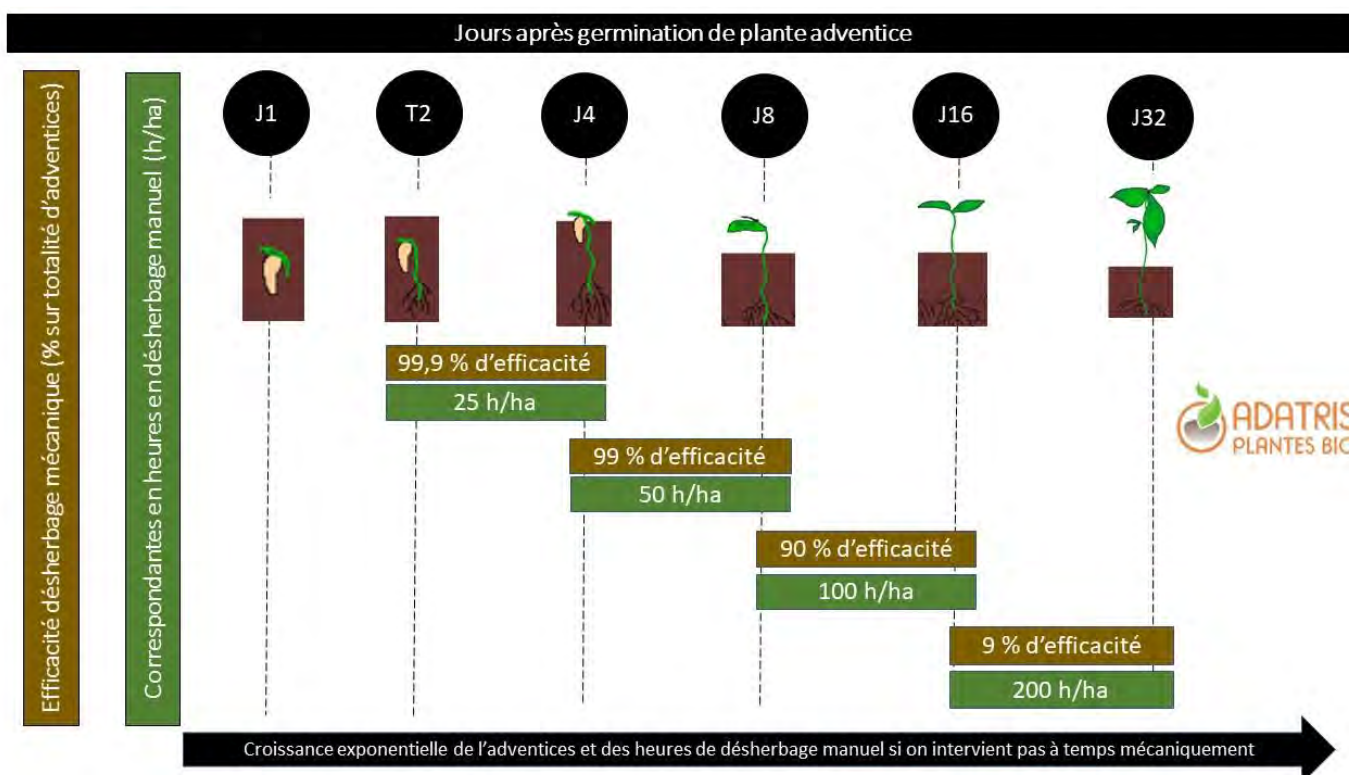


Image 4 : Efficacité du désherbage manuel en fonction du développement de la plante adventice - François DUVEAU, sté Adatris

Dix producteurs sur 55 ont déjà eu des lots de plantes refusés à l'achat à cause d'une contamination AP. Les plantes citées comme contaminées sont rassemblées dans le tableau ci-dessous :

Espèces	Nb de lots refusés	Familles botaniques	Sur la liste des 10 espèces à surveiller selon l'ANSM
Pavot de Californie	3	papavéracées	
Ballote fétide	3	lamiacées	
Mélisse	3	lamiacées	oui
Menthe poivrée	2	lamiacées	oui
Thym	2	lamiacées	oui
Estragon	1	apiacées	
Livèche	1	apiacées	oui
Persil	1	apiacées	
Verveine officinale	1	scrofulariacées	
Passiflore	1	passifloracées	oui
Ciboulette	1	alliées	
Sysimbre	1	brassicacées	

Notons que parmi les espèces citées, 4 appartiennent à la famille des Lamiacées et 3 aux apiacées.

Le tableau suivant détaille certains cas de contamination de lot de PPAM avec l'espèce de plante contaminée, la quantité de plante du lot contaminé (t), la valeur en euro du lot refusé à l'achat, et le niveau de contamination d'AP.

Type de plante	Tonnes	Valeur du lot	Contamination AP du lot
Ballote fétide	5 t	16 500 €	1 400 ppb
Ballote fétide	3 t	10 000 €	3 000 ppb
Mélisse	13 t	41 600 €	442 ppb
Sisymbre	4 t	17.200 €	70 ppb
Pavot de Californie	50 t	190.000 €	1360- 7268 ppb
Pavot de Californie	3 t	10.000 €	100-800 ppb
Passiflore	20 t	80.000 €	44-50 ppb
Mélisse	10 t	40.000 €	1000 ppb
Verveine officinale	25 t	110.000€	600-2000 ppb

Pour les entreprises qui ont bien voulu nous communiquer des informations économiques, ces pertes pour non-vente représentent de 0,2 à 10 % du chiffre d'affaires.

Ceux qui n'ont pas eu de lot contaminé jusqu'à présent répondent soit qu'aucune analyse sur le lot n'a été faite (21) soit que les analyses montrent qu'ils n'ont pas eu des lots de contaminés (17).

AVAL (23)

15 acteurs sur 23 achètent et commercialisent des produits produisant naturellement des AP. Les plantes les plus citées sont la bourrache (11), la consoude (6) et le tussilage (5). Seulement 3 acteurs affirment effectuer des analyses sur ces produits pour contrôler leur niveau d'AP. Tous commercialisent au moins 5 PPAM parmi celles considérées comme des cultures à risque⁵³. Les plus cités sont sauge (21), thym (21), menthe poivrée (21), mélisse (20), matricaire (19), passiflore (17), verveine citronnelle (17). Les actions que les acteurs de l'aval mettent en place pour éviter les risques de contamination par les AP dans les produits élaborés sont présentées ici en différenciant les phases d'achat, de contrôle et d'élaboration du produit fini.

Etape d'élaboration des produits	Solutions les plus cités (par les 23 ayant répondu)	Coûts – ou surcoût - envisagés
Choix des fournisseurs	<ul style="list-style-type: none"> - Visite/audit des exploitations des fournisseurs (8) - Mise en place d'une formation pour les fournisseurs sur la problématique des AP (6) - Manuel de bonnes pratiques demandé au fournisseur (6) - Demande explicite aux fournisseurs d'effectuer un désherbage manuel avant récolte (3) 	Pas de surcoût quantifiable identifié à cette étape. Souvent ces pratiques font déjà partie de la politique de l'entreprise et sont donc déjà comptabilisés.
Contrôle à réception de la matière première	<ul style="list-style-type: none"> -Analyse chimique du lot fait par un laboratoire extérieur (9), que ce soit une plante productrice d'AP ou non - Échantillonnage en vue de l'analyse (9) - Tri manuel et/ou mécanique de la matière végétale (5) 	De 150 à 250€ pour une analyse AP faite par un laboratoire extérieur. Pour les entreprises cela représente un coût important, en plus de toutes les autres analyses à réaliser (pesticides, métaux lourds, HCP, ...)
Elaboration du produit	Aucune stratégie citée à cette étape	Pas de surcoût identifié à cette étape
Analyse du produit fini	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse chimique du lot réalisée par un laboratoire extérieur (8) - Analyse chimique faite par la structure-même (2) 	De 150 à 200€ pour une analyse AP faite par un laboratoire extérieur. Apparemment très coûteux et compliqué de pouvoir assurer ce genre d'analyse à l'intérieur d'une entreprise de transformation de petite ou moyenne taille.
Commercialisation du produit fini	- Mise en œuvre d'une procédure de traçabilité stricte des lots à haut ou moyen risque (13)	Pas de surcoût identifié à cette étape

⁵³ Millepertuis, passiflore, matricaire, alchémille, réglisse, mélisse, menthe poivrée, sauge, pissenlit, thym, verveine citronnelle, anis vert, livèche, marjolaine, origan selon la réglementation (EU) 2020/2040 et ANSM (2016) Groupe de travail médicaments à base de plantes et médicaments homéopathiques N°1. Séance du 17 novembre 2016, Compte rendu de séance

ASSOCIATIONS/SYNDICATS

Dans le cas des associations de filière ou des organismes syndicaux, nous avons demandé si les responsables percevaient que leurs adhérents étaient intéressés par la problématique des APs et s'ils se sentaient concernés. 4 organismes sur 7 rapportent qu'ils ont déjà eu des adhérents qui les ont informés de contamination de leurs lots de plantes (en sachant que pour être au courant d'une contamination il faut que le producteur ait fait lui-même des analyses AP, ou son client, ou la DGCCRF ; pas de contamination connue lorsque les plantes sont vendues en direct ou à des clients qui ne demandent pas d'analyses). 6 organismes affirment que leurs adhérents montrent un intérêt par la problématique des APs mais seulement 5 disent que leurs adhérents se sentent proprement concernés au regard de leur activité économique. Les acteurs les plus intéressés par cette problématique sont : les producteurs de médicaments traditionnels à base des plantes, les producteurs de compléments alimentaires, les producteurs mécanisés, les producteurs d'herbes séchées, les metteurs en marché des compléments alimentaires, infusions, plantes à infusion.

4 organismes sur 7 ont déjà mis en place des actions pour sensibiliser leurs adhérents à la problématique des APs. Ces actions ont été principalement de deux types différents : informations envoyées par mail ou publiées sur le site internet de l'organisme (3), formation auprès des adhérents sur les APs et la réglementation à venir (3).

VISIONS SUR LE FUTUR

AMONT

Seulement 10 producteurs sur 55 ont l'intention d'investir en nouvelles technologies pour contrôler les adventices à AP et, sur ces 10, seulement 7 auraient aussi les capacités économiques pour le faire. 32 acteurs sur 55 ne souhaitent pas investir en nouvelles technologies pour contrôler les APs, mais plutôt renforcer, là où c'est nécessaire, la main d'œuvre ou le temps passé dans le désherbage manuel.

Possible futur investissement cité par les acteurs (7) qui ont l'intention d'investir	Prix indicatif
Système de guidage de haute précision (RTK)	20 000 € (avec aide à l'investissement PCAE subvention de 40 %)
Camera sur tracteur pour détecter les adventices sur le rang et diminuer le temps de désherbage manuel (precicam carré)	40 000 €
Brûleur thermique pour le désherbage	30 000 €
Essai prototype de robot bineur de précision (pas encore sur le marché)	80 000 €

A la question « Pensez-vous que les coûts engendrés par l'adaptation de votre entreprise aux normes à venir, puissent mettre en péril son existence ? », 45 % des interviewés répondent positivement, ce qui représente les 2/3 (66 %) des surfaces de l'enquête.

Pensez-vous que les coûts engendrés par l'adaptation de votre entreprise aux normes à venir, puissent mettre en péril son existence ?	Nb de réponses	% de réponses	Surfaces concernées (ha)	Surfaces concernées (%)
oui	14	25,5 %	2 210,2	40,8 %
peut-être	11	20,0 %	1 398,0	25,8 %
non	30	54,5 %	1 807,6	33,4 %
total	55	100,0 %	5 415,8	100,0 %

Une bonne partie de ceux qui ne se sentent pas concernés par le risque APs ATs, sont souvent des petits producteurs qui gèrent chaque opération (désherbage, récolte, tri des plantes) à la main et pensent donc avoir une bonne maîtrise de la qualité de leur production.

Sur 25 producteurs (soit 4 812,5 ha = 88,9 % des surfaces de l'enquête), 10 pensent que **l'interdiction totale des herbicides** remettrait (sûrement ou peut-être) en cause la pérennité de leur système de production ce qui représente presque la moitié (48,4 %) des surfaces.

Dans le cas où, dans un futur proche, tous les herbicides seraient interdits dans les cultures des PPAM, pensez-vous que cela remettrait en cause la pérennité de votre système de production ?	Nb de réponses	Surfaces concernées (ha)	% de surfaces concernées
oui	8	1 530,0	31,8 %
peut-être	2	800,0	16,6%
non	15	2482,5	51,6%
totaux	25	4 812,5	100,0 %

Sur les 55 producteurs, 18 pensent que l'application de la réglementation pourra causer un abandon de certaines cultures à haute valeur économique pour leurs entreprises. Les 22 espèces citées comme à risque d'abandon à cause des contraintes techniques et coûts de production sont dans le tableau ci-dessous :

Espèces qui ne seront plus cultivées en France	Nb de citations	Liste des espèces à surveiller	Surfaces (ha)
Bourrache	6		
Thym	5	Oui	955
Pavot de Californie	4		
Menthe poivrée	4	Oui	
Arnica	3		
Estragon	2		221
Coriandre	2		
Ciboulette	2		190
Origan	2	Oui	214

Espèces qui ne seront plus cultivées en France	Nb de citations	Liste des espèces à surveiller	Surfaces (ha)
Mélisse	<u>2</u>	Oui	260
Consoude	2		
Basilic	2		209
Livèche	1	Oui	
Sarriette	1		103
Aneth	1		221
Échinacée	1		
Passiflore	<u>1</u>	Oui	60
Artichaut	1		250
Matricaire	<u>1</u>	Oui	
Persil	1		1428
Cerfeuil	1		
Anis vert	1		

Secteurs impactés par l'abandon des cultures à cause de contraintes de production	Nombre de réponses
Conventionnel	16 (tous les conventionnels)
Bio	12
Très petite surface et petite surface (< 5 ha)	4
Petite/moyenne surface (6 ha – 25 ha)	10
Moyenne/grande surface (45 ha – 60 ha)	3
Très grande surface (100 ha – 1200 ha)	9

AVAL

Presque 2/3 des acteurs de l'aval n'ont pas l'intention de faire des investissements dans des nouvelles technologies pour contrôler les AP dans leurs pratiques d'achat et commercialisation, certains même s'ils avaient les capacités économiques. Ces acteurs préfèrent augmenter les analyses faites sur les lots achetés. Pour les 8 entités qui auraient l'intention de faire potentiellement des investissements, 5 pourraient avoir les capacités économiques pour le faire mais déclarent ne pas savoir quel genre de technologie leur rendrait service pour cet objectif.

Pour ce qui concerne le danger représenté par l'adaptation des entreprises aux normes à venir sur leur pérennité future, 10 acteurs sur 26 pensent que ce danger est potentiel. 6 entreprises appartiennent à la catégorie des petites entreprises (CA entre 1 et 10 millions €) et 4 à la catégorie des petites/moyennes entreprises (CA entre 11 et 50 millions €).

Les plantes les plus citées comme à risque d'abandon dans leurs achats à cause des contraintes techniques et coûts de production sont :

Espèces qui ne seraient plus achetées	Nb de citations	Liste des espèces à surveiller	Plante productrice d'AP	Surfaces (ha)
Thym	6	oui		955
Menthe poivrée	6	oui		
Verveine citronnelle	3	oui		
Origan	2	oui		214
Pavot de Californie	2			
Bourrache	2			
Matricaire	2	oui		
Estragon	1			221
Ciboulette	1			190
Mélisse	1	oui		260
Livèche	1	oui		
Sauge	1	oui		
Fumeterre	1			
Cumin	1			
Grémil	1		oui	
Eupatoire	1		oui	
Millepertuis	1	oui		
Anis vert	1	oui		
Lavande	1			

Concernant l'origan et le cumin, notons que la Turquie, principal fournisseur du marché européen pour ces 2 épices, est très souvent signalée sur le site RSSF en raison de la présence d'APs.

ASSOCIATIONS/SYNDICATS

Pour ce qui concerne le futur, 5 organismes sur 7 ont l'intention de réaliser des actions pour sensibiliser leurs adhérents sur la problématique des APs et la législation à venir. Les actions envisagées sont les suivantes : informations envoyées par mail ou publiées sur le site internet de l'organisme (3), formation auprès des adhérents sur les APs et la réglementation à venir (3), lobby politique et réglementaire auprès de la France et de l'UE.

5 organismes sur 7 pensent que le coût d'adaptation des entreprises aux normes à venir puisse éventuellement être un risque pour la pérennité de leurs adhérents. 3 sur 7 définissent que ce risque est présent aussi pour leurs adhérents en conventionnel.

AMONT / AVAL / ASSOCIATIONS ET SYNDICATS

Tous les différents acteurs ont aussi été interrogés par rapport aux autres conséquences possibles qui pourraient apparaître au niveau de la filière PPAM en France métropolitaine, à la suite de l'entrée en vigueur de la réglementation et une possible disparition des herbicides. Voici, dans le tableau suivant, leurs réponses par ordre décroissant de citation, par nombre total sur l'ensemble de l'échantillon et par groupe d'appartenance (en bleu, des précisions qui dérivent des conversations ayant eu lieu lors de l'entretien sur les points en question).

Problématique	Nb total réponses (total = 88)	Amont (total = 55)	Aval (total = 26)	Asso (total = 7)
Augmentation des coûts de production, surtout pour le secteur de l'amont	49	28	16	5
Disparition d'entreprises de production à la suite d'une augmentation des coûts et des contraintes (concerne surtout les entreprises de taille moyenne pour lesquelles chaque opération est mécanisée, mais dont le CA ne permet pas d'investissements importants dans un nouveau parc matériel ou l'engagement important de main d'œuvre).	28	16	9	3
Disparition dans la production française des cultures plus contraignantes à désherber	28	13	12	3
Pays avec main d'œuvre moins chère (ex. Est Europe) favorisés dans la production et commercialisation des matières végétales au niveau international	18	12	4	2
Conséquences plus importantes pour les grandes entreprises de production que pour les petites (petites entreprises : travail basé sur l'humain, donc toute opération - désherbage, récolte, tri – fait à la main donc plus d'attention à la qualité de la matière première et moins de possibilité de contamination d'AP)	13	12	0	1
Conséquences technico-économiques plus importantes pour la production conventionnelle que pour la bio (coûts de main d'œuvre et mécanisation déjà intégrée dans ces derniers systèmes, et connaissance des techniques culturales sans chimie déjà développée)	12	7	4	1
Distorsion de marché pour la vente à l'international, avec un avantage pour les pays sans réglementation qui n'auront pas de contrainte à la production et à la vente	10	6	3	1

Problématique	Nb total réponses (total = 88)	Amont (total = 55)	Aval (total = 26)	Asso (total = 7)
Conflits dans la filière entre producteurs et acheteurs sur lots contaminés (qui en paye les conséquences économiques ?)	9	4	4	1
Difficultés à s'approvisionner en matière végétale locale (alors que beaucoup d'entreprises basent leur image publique sur l'approvisionnement en local et tendance à la relocalisation)	9	2	6	1
Disparition de la variété de l'offre (ex. Petits lots des plantes très diversifiés) au profit de grands lots moins variés	6	5	1	0
Confrontation plus dure avec adventices problématiques (AP/AT) à la suite de la disparition des herbicides	6	3	3	0
Difficulté à trouver de la main d'œuvre disponible et formée	6	4	2	0
Augmentation de l'utilisation d'herbicides pour faire face à la problématique des APs	4	3	0	1
Pour certaines plantes comme la mélisse ou le thym, une partie des lots refusés est valorisée par la distillation, ce qui peut engendrer une concurrence et une saturation de marché	3	2	1	0
Augmentation de l'utilisation de plastique pour le paillage des cultures	2	1	1	0
Disparition de certaines matières premières (ex. rooibos, cumin...) car quasi-monopole de production de certains pays avec presque tous les lots contaminés	2	0	2	0
Difficultés plus importantes pour les nouvelles installations en PPAM	2	2	0	0
Concurrence par d'autres acteurs agricoles (ex. céréaliers) sur des grands volumes de plantes, car ils pourront investir dans les nouvelles technologies de production et vendre les PPAM moins chères alors que les producteurs « traditionnels » seront bloqués dans leurs investissements	1	1	0	0
Dépendance grandissante des producteurs à la mécanisation	1	1	0	0
Effets écologiques néfastes (destruction du sol, pollution des eaux)	1	1	0	0
Instabilité de l'offre de la matière végétale produite en mode conventionnel pendant la période de transition entre le désherbage chimique et d'éventuelles solutions alternatives (désherbage mécanique, ...)	1	0	1	0

Dans le cadre de cette enquête, nous avons aussi demandé aux participants quelles actions, selon eux, pourraient être mises en place par tout type d'acteur (institutionnel/pas institutionnel) à tout type d'échelle (régionale, nationale, internationale) pour mieux accompagner la filière PPAM en France métropolitaine pendant la transition vers la nouvelle réglementation EU.

Les réponses collectives sont présentées ci-dessous, dans l'image 5, avec dans les grandes bulles le champ d'action, dans les rectangles les actions et entre parenthèses le nombre d'acteurs qui ont cité l'action comme étant nécessaire à adopter.

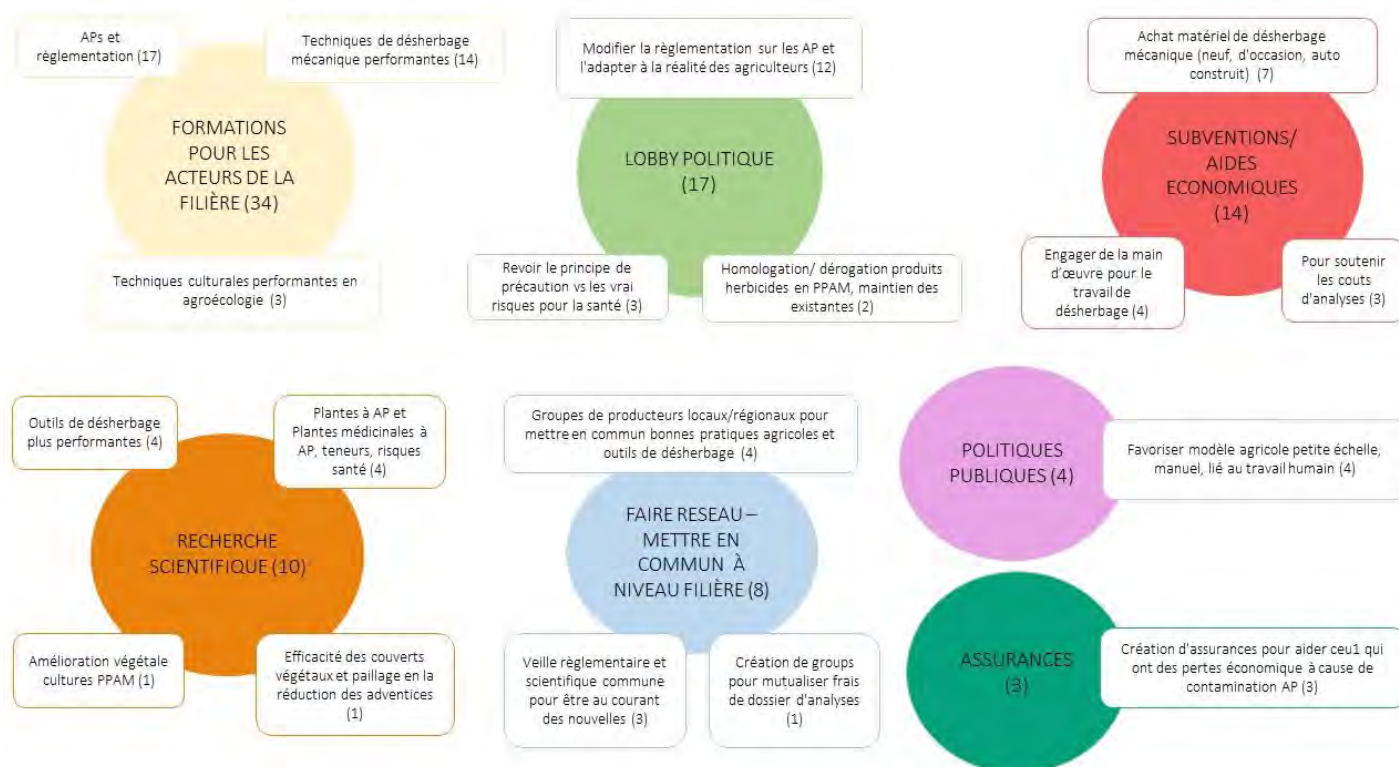


Image 5: actions futures pour accompagner la filière PPAM en France dans la transition vers la nouvelle législation UE

CONCLUSIONS DE LA PARTIE II

AMONT

Les plus impactées par cette réglementation seront les entreprises à petite/moyenne surface (6 ha – 25 ha) et les très grandes surfaces (100-1 200 ha), les deux avec un début de mécanisation de toute opération (désherbage, récolte).

Les premières ont peu de capacité à réaliser de gros investissements en machines de désherbage et/ou pour une augmentation de la main d'œuvre. Le coût est déjà assez soutenu par rapport à la main d'œuvre pour désherbage, qui est, de plus, difficile à trouver. Il n'y a pas assez de moyen économique (ni l'intention) d'investir en nouvelles technologies car considérées comme trop chères par rapport au

niveau de prix de marché actuel de leurs production (généralement aux alentours de 3 à 4,50 € le kg de plante sèche).

Les deuxièmes sont habituées à utiliser des herbicides, en plus du désherbage mécanique et manuel, il sera donc nécessaire d'adapter les ITK aux nouveaux besoins pour limiter les adventices. Pour eux, le coût de main d'œuvre (souvent d'origine étrangère) est déjà très important en raison de leurs grandes surfaces. En cas de disparition totale des herbicides, l'abandon de certaines cultures et l'adaptation des ITK au désherbage mécanique provoquera de grandes difficultés économiques⁵⁴.

Pour ce qui concerne les cueilleurs et les producteurs à petite échelle : beaucoup de producteurs n'avaient pas connaissance de la problématique des AP et de la législation UE. En général, ils se sentent peu concernées car ils affirment que comme tout est effectué manuellement (désherbage, récolte et tri), ils peuvent assurer la qualité de la récolte. Cette tranche du secteur de l'amont est aussi celle qui vend le plus en direct ou à des clients qui ne demandent pas d'analyses (ex. secteur de l'herboristerie). Si le risque de contamination par co-récolte semble fortement limité dans ce type de système, la contamination par une voie non visible (pollen d'adventice à AP, poussières d'adventices à AP, sol contaminé ou transfert latéral) reste possible (pas assez de recul pour comparer des analyses des petites structures avec plus de travail manuel à celle des grandes structures à travail mécanique)⁵⁵.

Pour ce qui concerne les producteurs en conventionnel : le passage de la transition d'une gestion chimique de l'enherbement à une gestion mécanique paraît difficile : les coûts de main d'œuvre ne sont pas entièrement internalisés et les ITK sans chimie ne sont pas encore consolidés.

Pour ce qui concerne les producteurs en BIO : le désherbage reste toujours un point problématique central car la charge de travail est importante et la gestion systémique de l'exploitation demande plus de connaissances et de gestion agronomique et écologique en même temps ; par rapport à la production en mode conventionnel, la gestion mécanique et manuelle du désherbage est déjà internalisée dans le coût de production, mais pour avoir une absence de plantes à APs quasi-totale dans la parcelle, il peut y avoir une augmentation importante de main d'œuvre.

En général, la majorité des acteurs de l'amont connaissaient assez mal la problématique des AP, n'étaient souvent pas au courant de la législation et, dans la majorité des cas ne connaissaient pas le risque de contamination transversale des APs par le sol.

AVAL

En général, les structures de l'aval ont moins de marge de manœuvre pour éviter une contamination des plantes par les APs. Ils supportent, le plus souvent, le coût des analyses, mais ils se trouvent dans une position parfois délicate : si le lot est déjà acheté et qu'il se révèle contaminé, il peut y avoir une importante perte économique et un manque de matière première pour l'élaboration des produits ; si l'analyse est faite sur un échantillon préalablement à l'achat, le lot sera refusé à l'agriculteur. Dans les 2 cas, il peut y avoir une détérioration des relations entre fournisseur et acheteurs.

⁵⁴ Dans ce secteur j'ai pu observer un sentiment de très forte préoccupation pour ce qui concerne la pérennité de leur production et l'impossibilité de respecter les teneurs exigées par la réglementation (observation Giulia Ciaghi).

⁵⁵ Dans ce secteur j'ai pu observer souvent un fort sentiment de conspiration, un refus plus prononcé de la législation à venir et de l'incrédulité sur les conséquences sur la santé des APs (observation Giulia Ciaghi).

Le coût des analyses pour vérifier la contamination par les APs, varie entre 150 et 250 € selon les entreprises, ce qui impacte fortement le prix des petits lots de plantes et devient important s'il y a beaucoup de lot à analyser. Pour cette raison, ces analyses sont rarement pratiquées par les producteurs. Pour certaines entreprises – surtout en bio – cela devient un « fardeau » de plus en plus compliqué à supporter, qui s'ajoute aux autres analyses nécessaires pour vérifier la « pureté » du produit.

En général, la majorité des acteurs de l'aval connaissaient déjà relativement bien la problématique des APs, ils étaient souvent au courant de la législation à venir mais, dans l'ensemble, ne connaissaient pas le risque de contamination transversale des APs par le sol.

FILIERE

Il y a un effet difficile à prédire : s'il y a une importante augmentation des coûts de production, comme prévu par un bon nombre d'acteurs, alors les prix de la matière première vont augmenter aussi lors de la vente au secteur de l'aval. L'aval doit être prêt à accepter les prix augmentés ou se fournir à l'étranger où le coût de main d'œuvre est moins cher (c'est-à-dire Europe de l'Est). Cela va être problématique pour toutes les entreprises qui mettent en avant le « sourcing local » dans leur politique. Si le sourcing reste local, une augmentation du coût du produit fini est à prévoir : est-ce que le consommateur sera prêt à acheter à ce nouveau prix ?

Il y aura possiblement un effet de manque de matière première sur toutes les plantes citées dans les enquêtes, dont une grande partie sont les plantes phares de la production Française : thym, menthe poivrée, mélisse, origan. Pour les pluriannuelles, la difficulté agronomique réside dans le fait que le désherbage doit être réalisé aussi en hiver dans le cas des adventices à APs (le seneçon fleurit toute l'année), mais les contraintes sont nombreuses (ex. sol trop mouillé l'hiver, manque de main d'œuvre hors saison...). Certaines cultures paraissent plus problématiques que d'autres,

- soit parce qu'elles semblent accumuler plus facilement les APs ; c'est peut-être le cas des familles le plus souvent citées (lamiacées, apiacées) ?
- soit parce que leur désherbage reste problématique comme le pavot de Californie et les cultures pluriannuelles.

PARTIE III

LES SOURCES NON VISIBLES DE CONTAMINATION

Les sources de contaminations visibles sont la co-récolte d'adventices à AP avec la culture d'intérêt.

Nous appelons contaminations non visibles les autres sources telles que le pollen des plantes productrices d'AP ou le sol contaminé par les APs.

En effet, les efforts menés ces dernières années tant par les agriculteurs que par les industriels ont porté sur l'élimination de ces adventices, que ce soit au champ, lors de la récolte ou lors de la mise en œuvre. On constate que malgré ces efforts, il semble difficile d'éliminer complètement ces contaminations et les producteurs citent des cas de contaminations assez importantes sur des parcelles « propres ».

C'est pour cette raison que nous allons rapidement évoquer les différentes possibilités de contaminations non visibles et essayer d'évaluer leur réalité.

CONTAMINATION PAR LE PURIN DE CONSOUDE

Le purin de consoude est utilisé pour divers usages en agriculture biologique ; or la consoude est une borraginacée et donc renferme des AP.

En 2019, l'EFSA⁵⁶ a rejeté la demande déposée par l'ITAB d'inscrire le purin de consoude comme substance de base avec, entre autres arguments, l'absence de données sur la présence d'AP dans le purin.

Nous avons préparé en mars 2021 du purin de consoude et l'avons laissé macérer 4 mois puis fait analyser par le laboratoire LACAPA⁵⁷.

Selon le rapport d'analyse, aucun des 28 AP recherchés n'était détectable. Cela nécessite bien sûr d'autres répétitions avant d'être validé ; une série d'analyses pour suivre la disparition des AP permettrait de savoir combien de temps est nécessaire à la disparition des AP.

CONTAMINATION PAR LE POLLEN

Dans la vipérine (*Echium vulgare*) :

Selon Luchetti⁵⁸, l'echivulgarine (et son N-oxide) est le principal AP dans le pollen alors que dans le miel et le nectar, le principal est l'Echimidine et son N-oxide).

⁵⁶ EFSA (European Food Safety Authority), 2019. Technical report on the outcome of the consultation with Member States and EFSA on the basic substance application for approval of Comfrey steeping to be used in plant protection as an insect repellent and plant elicitor in fruit trees, grass and vegetables. EFSA supporting publication 2019:EN-1753. 64 pp. doi:10.2903/sp.efsa.2019.EN-1753 ISSN:2397-8325

⁵⁷ LACAPA - RAPPORT D'ANALYSES n° R 21-3797 - PURIN DE CONSOUDE ECHANTILLON N° SEN211/0167 - CR21N762

⁵⁸ Lucchetti, Matteo A., Gaetan Glauser, Verena Kilchenmann, Arne Dübecke, Gudrun Beckh, Christophe Praz, et Christina Kast. 2016. « Pyrrolizidine Alkaloids from *Echium Vulgare* in Honey Originate Primarily from Floral Nectar ». *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 64 (25): 5267-73. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b02320>.

L'analyse des APs du pollen récolté 2 années de suite directement sur les fleurs de vipérine dans 2 sites différents en Suisse a donné des valeurs variables selon les sites et les années (voir schéma ci-dessous) ;

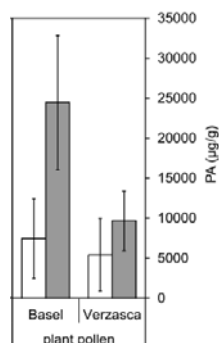


Figure 1 : en AP dans le pollen de vipérine; en blanc = 2013, en gris = 2014

Les valeurs extrêmes mesurées vont de 500 à 35 000 µg/g de pollen avec des valeurs moyennes de 7 428 µg/g (en 2013) et 24 453 µg/g (en 2014) pour le premier site et de 5 427 µg/g (en 2013) à 9 661 µg/g (en 2014) pour le second site.

Le tableau ci-dessous donne la correspondance entre teneur en µg/g et en g d'AP dans 100g de pollen.

µg/g	g AP / 100 g pollen
35 000	3,5
30 000	3
25 000	2,5
20 000	2
15 000	1,5
10 000	1
5 000	0,5

Ci-dessous, un tableau des valeurs que nous avons pu trouver dans la littérature concernant la quantité de pollen produite par fleur pour quelques espèces productrices d'AP.

	qté de pollen en mg / "fleur"	qté de pollen en mg /10 fleurs	qté de pollen en mg /50 fleurs	qté de pollen en mg /100 fleurs	sources
Anchusa officinalis	0,19	1,9	9,5	19	⁵⁹
Echium vulgare	0,3	3	15	30	⁵⁹
Echium vulgare	0,54	5,4	27	54	⁶⁵
Senecio jacobaea	2,1	21	105	210	⁶⁰

⁵⁹ Wróblewska, A., Stawiarz, E., & Masierowska, M. (2016). Evaluation of Selected Ornamental Asteraceae as a Pollen Source for Urban Bees. *Journal of Apicultural Science*, 60(2), 179-192.

⁶⁰ Perceval, M.S. (1955) ; The presentation of Pollen in Certain Angio-Sperms and its collection by Apis Mellifera. *New Phytologist* ; 54(5), 535-368

Le tableau suivant reprend les teneurs en AP trouvées dans la littérature. Les méthodes de dosage utilisées ne sont pas toutes les mêmes et selon Kast⁶², la teneur en AP pour une espèce donnée peut beaucoup varier d'un site à l'autre et d'une année à l'autre. Notons qu'un auteur⁶⁴ donne des valeurs 10 fois plus faibles que les autres pour la vipérine.

	Teneur en AP totaux en %	sources
Echium vulgare	0,5 à 3,5	61
Echium vulgare	0,54 à 2,45	62
Echium vulgare	0,8 à 1,4	63
Echium vulgare	0,09	64
Eupatorium cannabinum	0,532	61
Eupatorium cannabinum	0,06	64

Selon Chwill et al⁶⁵, la productivité en pollen est de 5,4 mg pour 10 fleurs de vipérine commune (*Echium vulgare*).

En regroupant ces différentes données, nous retenons que 10 fleurs de vipérine produisent environ 5 mg de pollen et que ce pollen renferme environ 2 % d'AP.

Donc 10 fleurs de vipérine produisent environ 100 µg d'AP et 100 fleurs environ 1000 µg soit 1 mg.

Si ces 1 000 µg se déposent (vent, pollinisateurs, etc) sur 1 g de matière sèche de plante d'intérêt cela donne 1 000 µg/g = 1 000 ppm. = ; sur 1 kg de matière sèche de plante d'intérêt, cela donne 1 000 µg/kg = 1 ppm. Le tableau ci-dessous indique le taux de contamination d'une culture selon la quantité de pollen déposée en fonction de la quantité de matière sèche contaminée (1 g, 100 g, 1 kg).

⁶¹ Lucchetti, Matteo A., Gaetan Glauser, Verena Kilchenmann, Arne Dübecke, Gudrun Beckh, Christophe Praz, et Christina Kast. « Pyrrolizidine Alkaloids from *Echium Vulgare* in Honey Originate Primarily from Floral Nectar ». *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 64, no 25 (29 juin 2016): 5267-73. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b02320>.

⁶² Kast, C., Kilchenmann, V., Reinhard, H., Bieri, K., & Zoller, O. (2019). Pyrrolizidine Alkaloids : The Botanical Origin of Pollen Collected during the Flowering Period of *Echium vulgare* and the Stability of Pyrrolizidine Alkaloids in Bee Bread. *Molecules*, 24(12), 2214. <https://doi.org/10.3390/molecules24122214>.

⁶³ Boppré et al. 2005; Pyrrolizidine Alkaloids of *Echium vulgare* Honey Found in Pure Pollen; *J. Agric. Food Chem.* 53 (3) 594-600

⁶⁴ Kempf, M., Heil, S., Hasslauer, I., Schmidt, L., Ohe, K., Theuring, C., Reinhard, A., Schreier, P., & Beuerle, T. (2010). Pyrrolizidine alkaloids in pollen and pollen products. *Molecular nutrition & food research*, 54, 292-300.

⁶⁵ Chwil, M., et E. Weryszko-Chmielewska. 2011. « Nectar Production and Pollen Yield of *Echium Vulgare* L. in the Climatic Conditions of Lublin ». *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus* 10 (3). <http://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-2024b825-11be-4d10-9b28-77d547663f81>.

Nb de fleurs vipérine	Qté pollen	Qté AP	Concentrations en AP dans la culture		
			Pour 1 g de matière sèche contaminée	Pour 100 g de matière sèche contaminée	Pour 1 kg de matière sèche contaminée
1	0,5mg	10µg	1000ppb	100ppb	10ppb
10	5mg	100µg	10ppm	1ppm=1000ppb	100ppb
100	50mg	1000µg	1000ppm	10 ppm	1ppm

CONCLUSION : le pollen des plantes productrices d'AP est potentiellement une source de contamination des cultures avoisinantes.

ANALYSE D'UN CAS REEL

Sur un échantillon de fleurs de lavande d'origine BIO, l'analyse des AP par un laboratoire prestataire a montré la présence d'échimidine et d'échimidine Nox à hauteur de 809 ppb (respectivement 39 ppb et 870 ppb) soit 0,8 ppm donc 0,8 µg/kg = environ 1µg/kg. Selon Kast⁶² cela indiquerait la présence de pollen de vipérine commune *Echium vulgare*. Selon nos calculs du tableau précédent, cela représenterait de l'ordre de **5 mg de pollen par kg d'échantillon**.

Nous avons donc cherché à mettre en évidence du pollen de vipérine dans cet échantillon. Pour cela, nous l'avons fait analyser, d'une part, par la société DNAgensee (laboratoire spécialisé en biologie moléculaire) en lui demandant de rechercher la présence de matériel végétal provenant de plantes de la famille des borraginacées et, d'autre part, par 2 laboratoires spécialisés dans l'analyse de produits de la ruche en leur demandant de rechercher la présence de pollen de vipérine ou au moins de borraginacées.

La recherche par méthode de biologie moléculaire s'est avérée négative mais selon le laboratoire c'est peut-être parce que les éléments venant de la vipérine sont présents en trop faible quantité.

Pour la recherche de pollen, sans surprise les 2 laboratoires trouvent très majoritairement du pollen de lavande mais un des 2 laboratoires indique avoir trouvé 3 % (en nombre) de grains de pollen de Vipérine alors que l'autre a indiqué ne pas avoir trouvé de pollen de borraginacées. Notons que, d'une part, les profils en pollen sont seulement partiellement superposables entre les 2 séries de résultats et que, d'autre part, comme il n'existe pas de méthode normalisée pour les analyses de pollen, chaque laboratoire a sa propre méthode et sa propre façon d'exprimer les résultats.

Dénomination	Labo 1	Labo 2
	% en nombre de grains	
Lavandula sp	85	94,5
Brassicaceæ	4	
Echium sp	3	pas de trace de pollen de borraginacées
Plantago sp	3	
Castanea sativa / chataigner	"moins de 1%"	"moins de 14%"
Zea mays	"moins de 1%"	
graminées		"moins de 14%"
Pinus sp / pin	"moins de 1%"	"moins de 14%"
dipsacaceæ,	"moins de 1%"	
apiaceæ/ombellifères	"moins de 1%"	"moins de 14%"
Centaaurée		"moins de 14%"
Epervière		"moins de 14%"
Chêne		"moins de 14%"
gaillet		"moins de 14%"
Cupressacées		"moins de 14%"

EN CONCLUSION, on ne peut pas exclure la présence de pollen de vipérine dans l'échantillon ni l'affirmer avec certitude.

Remarquons que selon plusieurs auteurs (⁶¹ et ⁶³) les APs majoritaires dans le pollen de Echium vulgare sont l'échivulgarine et son Noxyde, suivis par l'échimidine et son Noxyde alors que dans l'échantillon c'est l'échimidine Noxyde l'AP majoritaire. Si ce n'est pas le pollen, il faut imaginer une autre source de contamination, par exemple la poussière.

LA CONTAMINATION PAR LA POUSSIERE

Le lessivage des feuilles, la possible exsudation d'AP par les racines de la plante productrice d'alcaloïdes ou l'utilisation sous forme de mulch de plantes productrices peuvent induire la présence d'AP dans le sol. La poussière issue de ce sol peut contaminer les cultures environnantes.

La présence d'AP dans un sol où poussent des séneçons a été publiée dans le cas de culture de Rooibos en Afrique du Sud (Van Wyck 2017⁶⁶). Selon ces auteurs, les profils d'AP dans les séneçons, le sol et le rooibos sont cohérents avec l'hypothèse de passage des AP depuis le séneçon jusqu'au rooibos en passant par le sol.

⁶⁶ Van Wyk B.E. et al.; South African Journal of Botany 110 (2017) 124–131

Le transfert horizontal de substances naturelles (en anglais Horizontal Natural Product Transfer) est le phénomène de passage de substances d'un organisme vers un autre, que ce dernier soit ou non lui-même producteur de ces substances.

Les mécanismes du transfert de l'eau et des ions minéraux dans les plantes à partir du sol sont étudiés et en grande partie élucidés depuis longtemps (Chrispeels et al 1999⁶⁷) ; ils mettent en œuvre des systèmes de transport actif à l'aide de protéines.

L'étude du transfert de molécules organiques est beaucoup plus récente. Les publications sur la présence de substances organiques exogènes dans les plantes portent aussi bien sur des molécules de synthèse (pesticides systémiques (Botias 2016⁶⁸), médicaments humains (Eggen 2012⁶⁹) ou vétérinaires (Boxall 2004⁷⁰ ; Boxall 2006⁷¹)) que sur des molécules produites par d'autres organismes (acide salicylique (De mayer 1999⁷² cité par Selmar 2015⁷³ ; leptosperme (Owens 2013⁷⁴)), alcaloïdes (EFSA 2009⁷⁵, EFSA 2011⁷⁶ ; BfR 2013⁷⁷), fragments d'acides nucléiques (Fortune 2008⁷⁸), ...).

Certains auteurs (voir Trapp et al. 2011⁷⁹) ont proposé des modèles mathématiques pour estimer le taux de capture des molécules organiques présentes dans le sol par les racines et leur diffusion dans la plante. Les très nombreux paramètres pris en compte dans ces modèles concernent les propriétés physicochimiques de la molécule, la plante et son environnement (Selmar 2015⁷³).

⁶⁷ Chrispeels M.J., Crawford M. N. and Schroeder J.I.; (1999) ;Proteins for Transport of Water and Mineral Nutrients across the Membranes of Plant Cells ; Plant Cell, 11;661-675 ; DOI 10.1105/tpc.11.4.661

⁶⁸ Botias C., David A., Hill Elizabeth M., Goulson Dave ;Contamination of wild plants near neonicotinoid seed-treated crops, and implications for non-target insects ; Science of the Total Environment 566–567 (2016) 269–278

⁶⁹ Eggen T, Lillo C.; Antidiabetic II drug metformin in plants: uptake and translocation to edible parts of cereals, oily seeds, beans, tomato, squash, carrots, and potatoes.;J Agric Food Chem. 2012 Jul 18;60(28):6929-35. doi: 10.1021/jf301267c. Epub 2012 Jul 5

⁷⁰ Boxall A.B.; The environmental side effects of medication. How are human and veterinary medicines in soils and water bodies affecting human and environmental health?; EMBO reports VOL 5 | NO 12 | 2004

⁷¹ Boxall A.B., Johnson P., Smith E.J., Sinclair C.J., Stutt E., Levy L.S.; Uptake of veterinary medicines from soils into plants.; Agric Food Chem. 2006 Mar 22;54(6):2288-97

⁷² De Meyer G1, Capieau K, Audenaert K, Buchala A, Métraux JP, Höfte M. ;Nanogram amounts of salicylic acid produced by the rhizobacterium Pseudomonas aeruginosa 7NSK2 activate the systemic acquired resistance pathway in bean. ; Mol Plant Microbe Interact.1999 May;12(5):450-8

⁷³ Selmar D, Radwan A, Nowak M (2015) ; Horizontal Natural Product Transfer: A so far Unconsidered Source of Contamination of Plant-Derived Commodities. J Environ Anal Toxicol 5: 287. doi:10.4172/2161-0525.1000287

⁷⁴ Owens DK, Nanayakkara NP, Dayan FE. ; In planta mechanism of action of leptosperme: impact of its physico-chemical properties on uptake, translocation, and metabolism. ; J Chem Ecol. 2013 Feb;39(2):262-70. doi: 10.1007/s10886-013-0237-8. Epub 2013 Jan 13

⁷⁵ EFSA European Food Safety Authority (2009) ;Potential risks for public health due to the presence of nicotine in wild mushrooms; The EFSA Journal (2009) RN-286, 1-47

⁷⁶ EFSA (2011) Setting of temporary MRLs for nicotine in tea, herbal infusions, spices, rose hips and fresh herbs. EFSA Journal 9: 2098

⁷⁷ BfR (2013) Pyrrolizidine alkaloids in herbal teas and teas. Opinion No. 018/2013 of the BfR from 5 July 2013. Berlin 8(Germany): Bundesamt für Risikobewertung

⁷⁸ Fortune P.M., Roulin A. and Panaud O.; Horizontal transfer of transposable elements in plants ; Communicative & Integrative Biology 1:1, 74-77; July/August/September 2008

⁷⁹ Trapp S. and Legind C. N. (2011); Uptake of Organic Contaminants from Soil into Vegetables and Fruits ; in F.A. Swartjes (ed.), Dealing with Contaminated Sites, 369, chap 9, pp 369-408 ; DOI 10.1007/978-90-481-9757-6_9, C _ Springer Science+Business Media B.V. 2011

Un point important semble être la solubilité dans l'eau des substances absorbées. Rappelons en effet que les végétaux, comme de tous les êtres vivants, sont majoritairement constitués d'eau. La circulation des substances dans la plante se fait en milieu aqueux (contenu cellulaire, sèves brute et élaborée).

Différentes publications rapportent la possibilité d'absorption par des plantes non productrices d'AP des AP présents dans le sol soit par lessivage (pluie, arrosage) des résidus de végétaux synthétisant ces molécules soit par libération dans le sol par les végétaux producteurs.

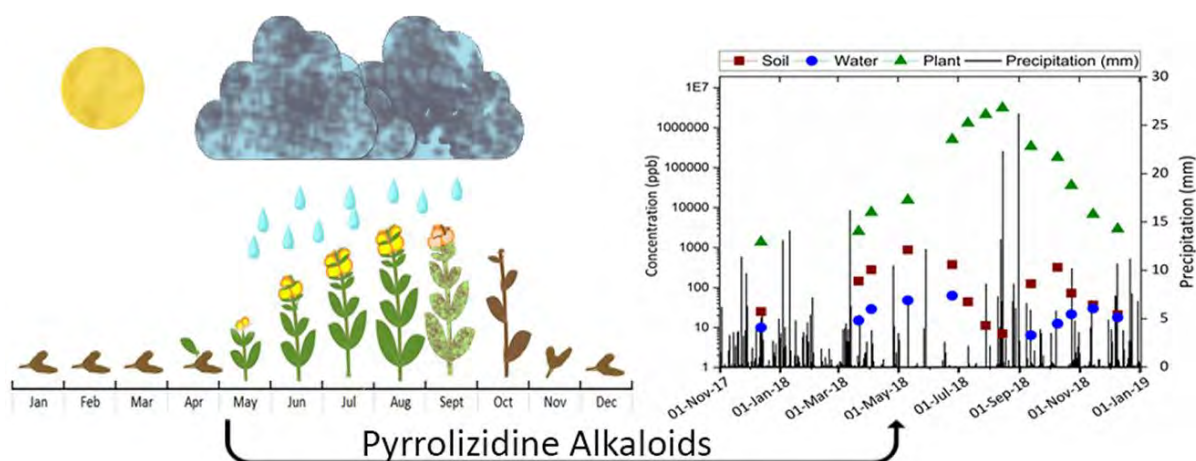
En règle générale, les AP sont synthétisés dans les racines des racines productrices et diffusent par le phloème dans tous les organes, en particulier les organes reproducteurs.

Dans les plantes qui n'en synthétisent pas, les PA qui ont réussi à franchir les différentes barrières entre le sol et les tissus de la plante voyagent par le xylème avec le flux de sève ; ils s'accumulent alors dans les feuilles, lorsque l'eau constitutive de la sève brute s'évapore.

Une étude récente⁸⁰ publiée en 2020 est consacrée à ce phénomène dans les circonstances suivantes : une culture de maïs a été installée sur une parcelle laissée en jachère depuis 4 ans et envahie de *Chromolaena odorata* (ou *Eupatorium odoratum*), Astéracée de la tribu des Eupatoriées donc productrice d'AP et proche de l'eupatoire chanvrine commune dans les zones humides et ombragées. Le dosage des AP a été réalisé dans le sol et dans différents organes du maïs : racines, feuilles et grains.

Les auteurs observent que le Cuivre dans le sol fragilise les racines, ce qui contribue à libérer plus d'alcaloïdes dans le sol et à augmenter son absorption par le maïs.

Dans un article de 2021⁸¹ qui relate une étude réalisée au Danemark, les auteurs s'attachent à quantifier les AP présents dans le séneçon jacobée, le sol où il pousse et les eaux de surface, en relation avec les épisodes pluvieux sur la parcelle entre avril et novembre.



⁸⁰ Letsyo, E., Adams, Z. S., Dzikunoo, J., & Asante-Donyinah, D. (2020). Uptake and accumulation of pyrrrolizidine alkaloids in the tissues of maize (*Zea mays* L.) plants from the soil of a 4-year-old *Chromolaena odorata* dominated fallow farmland. *Chemosphere*, 128669. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128669>

⁸¹ Hama, J. R., & Strobel, B. W. (2021). Occurrence of pyrrrolizidine alkaloids in ragwort plants, soils and surface waters at the field scale in grassland. *Science of The Total Environment*, 755, 142822. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142822>

Durant cette période, la teneur en AP varie de 3,2 à 6,6 ‰ (= g/kg) MS dans la plante, de 0,8 à 4 ppm (= mg/kg) dans le sol et de 6 à 529 ppb (= µg/L) dans l'eau de surface.

Le maximum d'AP dans le sol est à la mi-mai, juste avant la floraison.

La MS de *Jacobaea vulgaris* par ha est en moyenne de 506 kg/ha.

En général, la concentration dans le sol et dans l'eau augmentent après un épisode pluvieux.

Dans la plante (plante entière, partie aérienne + racines), les concentrations en AP sont de l'ordre de plusieurs centaines de ppm ; les plus retrouvés sont :

La jacobine libre (jusqu'à 906 mg/kg MS = 906 ppm) et sous forme Noxyde (-> 1 330 mg/kg MS = 1 330 ppm = 0,13 ‰)

La sénécionine sous forme Noxyde (jusqu'à 364 mg/kg MS = 364 ppm)

En utilisant les données de l'article, on peut calculer une production en AP par ha :

Si un plan de séneçon jacobée pèse environ 25 g de MS et qu'il y a 50 pieds par m², cela fait 1,25 kg/m² ou 12,5 t/ha.

à 2‰ d'AP, cela donne 2,5g d'AP/m² soit 10 000 x 2,5 g/ha = 25 kg AP/ha

Selon l'article, la production annuelle d'AP sur une parcelle fortement contaminée par le séneçon jacobée est de 258 à 787 kg/ha (« In this study, the annual production of PAs in ragwort ranged from 258 to 787 kg/ha »).

Dans le sol (analysé sur les 5 premiers cm), les AP les plus retrouvés sont les mêmes que dans la plante mais en concentrations de l'ordre de centaines de ppb, soit environ mille fois moindres que dans la plante :

La jacobine libre (jusqu'à 211 µg/kg MS = 211 ppb) et sous forme Noxyde (-> 631 µg/kg MS = 631 ppm)

La sénécionine sous forme Noxyde (jusqu'à 514 µg/kg MS = 514 ppb).

Dans les sols, la concentration en PA est corrélée à la croissance de la plante ($p=0,04$ $R_s = 0,72$) et aux précipitations ($p=0,05$ $R_s = 0,75$).

Dans les conditions de l'article, la quantité d'AP qui peut être transférée du Séneçon jacobée vers le sol est de 0,4 à 2 kg PA/ha soit beaucoup moins que la quantité d'AP produite par la plante.

En résumé, sur une parcelle fortement contaminée par du séneçon jacobée, la pluie peut entraîner jusqu'à 2 kg d'AP par ha mais si le séneçon sèche sur place et se mélange à la terre superficielle, il pourrait y amener plusieurs centaines de kg !

PARTIE EXPERIMENTALE

Le séneçon jacobée étant plus répandu en lisière de parcelle que dans les cultures de PPAM, nous avons voulu mesurer la quantité d'AP libérée dans le sol par du séneçon commun.

Pour cela, nous avons réalisé l'essai suivant :

Sur une surface de 10 m² avec une douzaine de pieds de séneçon commun, recouverte par un filet insect-proof pour éviter la contamination du sol par des sources extérieures, nous avons prélevé 10 pieds de séneçon (séparés en partie aériennes et parties souterraines) ainsi qu'une carotte de terre à l'emplacement de chaque pied et une autre à 15 cm de ce premier emplacement. Ces éléments ont été mis à sécher à 50°C, la terre collant aux racines a été soigneusement détachée.

Ci-dessous, une vue de la parcelle et du piquetage des pieds de séneçon :



Un mois plus tard, nous avons prélevé à nouveau 1 carotte de terre à 15 cm de l'emplacement de chaque pied prélevé et nous avons fait de même encore un mois plus tard. Puis les échantillons ont été envoyés au laboratoire LACAPA pour analyses des AP.

La granulométrie du sol était la suivante :

granulométrie du sol		
cailloux	>5mm	19,2%
gravier /terre	>3,15mm	19,4%
terre/ sable	>1,40mm	34,5%
poussière de terre/sable	<1,40mm	26,8%

Date	Prélèvements	Poids frais	Poids sec
27/05/2021	racine	35,5g	16,2g
27/05/2021	PAF	496,6g	97,7g
27/05/2021	terre carotte sous racine	1594,9g	1376,9g
27/05/2021	terre racine	1829,85g	1545,10g
27/05/2021	terre 0	2034g	1695,2g
22/06/2021	Terre 1	2572g	2225,9g
20/07/2021	terre 2	1910,1g	1710,6g

Les résultats sont dans le tableau ci-dessous. Sur les 28 AP, nous n'avons indiqué que ceux présents dans les échantillons.

	PAF SR-AC	RACINE SR-AC	TERRE RACINE	TERRE CAROTTE SOUS RACINE	TERRE 0	TERRE 1	TERRE 2
date prélèvement	27/05/2021	27/05/2021	27/05/2021	27/05/2021	27/05/2021	22/06/2021	20/07/2021
	SEN211/0161	SEN211/0160	SEN211/0163	SEN211/0162	SEN211/0164	SEN211/0165	ECHANTILLON N° SEN211/0166
	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
Jacobine N-oxide	90	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Retrorsine	21 395	760	ND	ND	ND	ND	ND
Retrorsine N-oxide	504 145	386	2	ND	ND	ND	ND
Senecionine	46 719	8 974	ND	ND	ND	ND	ND
Senecionine N-oxide	775 418	3 882	6	ND	ND	ND	ND
Seneciphylline	28 820	1 420	ND	ND	ND	ND	ND
Seneciphylline N-oxide	485 519	547	<2,0	ND	ND	ND	ND
Senecivernine	24 433	3 333	ND	ND	ND	ND	ND
Senecivernine N-oxide	238 592	1 070	2	ND	ND	ND	ND
Senkirkine	3	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
somme	2 125 134	20 372	11	0	0	0	0

Nous n'avons détecté aucun AP dans les différents prélèvements de sol, sauf dans la terre qui collait aux racines où 11 ppb d'AP totaux ont été détectés.

Cette très faible quantité n'est pas due à des fragments de racine oubliés, pour les raisons suivantes :

- Dans la racine, les APN sont supérieurs aux APN-Ox ; or il n'y a que des Nox dans la terre
- Les rapports des teneurs des différents AP sont différents entre racine et terre collée aux racines :

	Racine	Terre collée aux racines
Senecionine N-Ox / Retrorsine N-ox	10,1	2,5
Senecionine N-ox / senecivernine N-ox	3,6	2,5

- Les quantités de fragments de racine ne sont pas cohérents avec les observations faites à la récolte : par exemple pour la retrorsine, il faudrait que les fragments représentent 9 g soit un volume équivalent à la moitié de la quantité de racines récoltées, ce qui ne serait pas passé inaperçu.

CONCLUSION DE CET ESSAI :

On trouve à proximité des racines de séneçon une très faible quantité d'AP ; dans nos conditions, il ne semble pas y avoir de migration dans le sol. L'adaptation de la méthode de dosage aux échantillons de sol a pris du temps. Il faudrait sans doute l'améliorer pour gagner en sensibilité.

COMPORTEMENT DES AP LORS D'UNE DISTILLATION

La distillation étant présentée parfois comme un moyen de valoriser une culture trop contaminée par les AP pour la commercialiser telle quelle ou en faire des extraits, nous avons voulu savoir ce qui se passe lorsqu'on distille du séneçon commun.

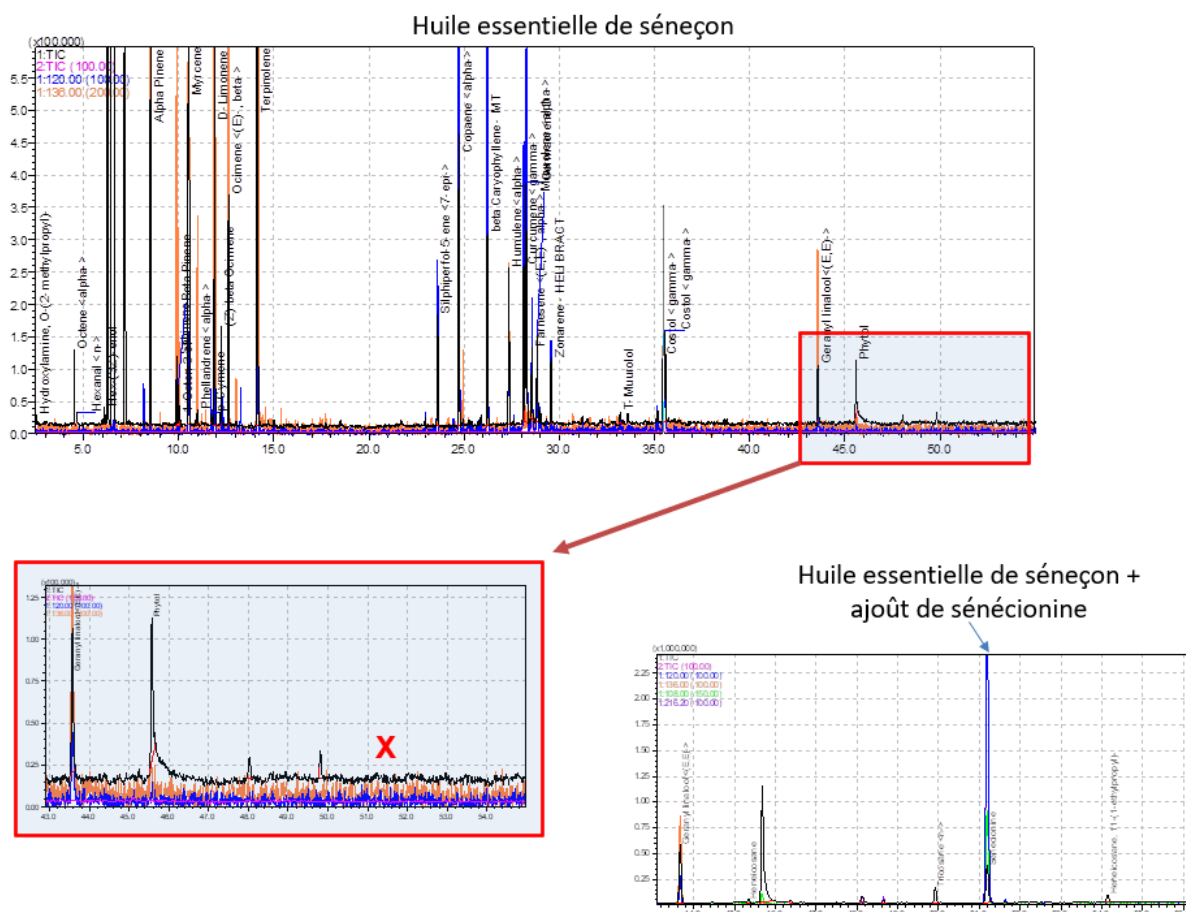
Nous avons distillé pendant 2 heures 80 g de séneçon commun dans un appareil de type Pharmacopée puis nous avons séché le marc, et envoyé à l'analyse dans le laboratoire LACAPA les échantillons suivants :

- Un échantillon du séneçon avant distillation
- Un échantillon du séneçon après distillation
- Un échantillon de l'eau ayant servi à la distillation (avec l'appareil à distiller de la pharmacopée, il s'agit d'une hydrodistillation (l'échantillon est dans l'eau) avec cohobation)
- Un échantillon de l'hydrolat (eau de recondensation)

Nous avons analysé par GCMS l'huile essentielle obtenue au laboratoire de l'iteipmai.

Les résultats sont les suivants :

Pas de trace d'AP dans l'huile essentielle. Une publication récente⁸² montre, elle aussi, que les AP ne sont pas entraînés par la vapeur d'eau donc on ne peut pas trouver d'AP dans une huile essentielle obtenue par entraînement à la vapeur ni dans une huile essentielle obtenue par expression à froid mais ayant subi ensuite une rectification.



⁸² Giera, David S., Michael Preitsch, Hugues Brevard, et Jörn Nemetz. « Quantitative Removal of Pyrrolizidine Alkaloids from Essential Oils by the Hydrodistillation Step in Their Manufacturing Process ». *Planta Medica*, 22 juillet 2021. <https://doi.org/10.1055/a-1534-6928>.

Les résultats des dosages sont dans le tableau ci-dessous. Sur les 28 AP, nous n'avons indiqué que ceux présents dans les échantillons.

	Plante avant	Plante après	Eau	Hydrolat
	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
Retrorsine	6 400	10 940	2 125	16,0
Retrorsine N-ox	132 000	342		
Senecionine	21 000	30 151	4 989	8,3
Senecionine N-ox	383 000	5 967	15	
Seneciphylline	128 000	76 944	16 762	39,0
Seneciphylline N-ox	1 388 000	10 438	61	
Senecivernine	21 000	8 939	2 958	5,1
Senecivernine N-ox	213 000	1 099	3	

On remarque que :

- les N-ox qui étaient très largement majoritaires dans la plante avant distillation ont presque totalement disparu après distillation,
- il n'y a presque que des AP N dans l'eau de distillation,
- les traces d'AP dans l'hydrolat sont probablement dues à une contamination par le cohobage.

Le tableau suivant transforme ces concentrations en quantité en fonction de la masse ou du volume.

	Plante avant	Plante après	Eau	Plante après + eau
	mg dans PE (80 g)	mg dans PE (60 g)	mg dans PE (1,5 L)	
Retrorsine	0,5	0,7	3,2	3,8
Retrorsine N-ox	10,6	0,0	0,0	0,0
Senecionine	1,7	1,8	7,5	9,3
Senecionine N-ox	30,6	0,4	0,0	0,4
Seneciphylline	10,2	4,6	25,1	29,8
Seneciphylline N-ox	111,0	0,6	0,1	0,7
Senecivernine	1,7	0,5	4,4	5,0
Senecivernine N-ox	17,0	0,1	0,0	0,1
	183,39	8,69	40,37	49,06

Il y avait initialement 183 mg d'AP dans l'échantillon, on n'en retrouve que 8,7 mg dans la plante et 40,4 mg dans l'eau après la distillation soit moins de 50 g en tout.

En 2 heures d'ébullition, on extrait 95 % (8,7/183) des AP de l'échantillon mais on ne récupère que 26 % (49/183) des AP initialement présents.

Il serait intéressant de savoir ce que sont devenus les 74 % d'AP qui ont disparu.

CONCLUSIONS DE LA PARTIE III

Le purin de consoude n'est pas un problème mais il faudrait connaître le temps nécessaire à la disparition des AP.

Le pollen est un contaminant potentiel ; il faudrait mieux connaître la quantité de pollen produite par les adventices à AP et étudier si des barrières mécaniques (haies) pouvaient arrêter ces pollens.

Le Sol est un contaminant sol par la poussière, soit par transfert horizontal, en fonction des conditions pédologiques et climatiques. L'arrosage par aspersion qui projette de la terre sur les plantes est probablement à éviter.

La distillation :

- Pas d'AP dans les huiles essentielles,
- Ebullition prolongée : extraction de 95 % des AP et destruction de 75 % des AP.

ANNEXES

ANNEXE 1 PUBLICATION LES ALCALOÏDES TROPANIQUES ET LES SOLANACEES

LES ALCALOÏDES TROPANIQUES (AT) ET LES SOLANACÉES

Quelques informations sur les alcaloïdes tropaniques et les solanacées



Plants de datura

AU SOMMAIRE

Les alcaloïdes tropaniques
La réglementation
Les solanacées
Le(s) datura(s)

Dans la perspective de la mise en application au 1er septembre 2022 de la modification du règlement (CE) no 1881/2006 sur les alcaloïdes tropaniques (AT), nous vous présentons quelques informations sur ces molécules ainsi que sur la famille des solanacées qui sont les principaux pourvoyeurs de ces molécules toxiques.



Fruit et graines de datura

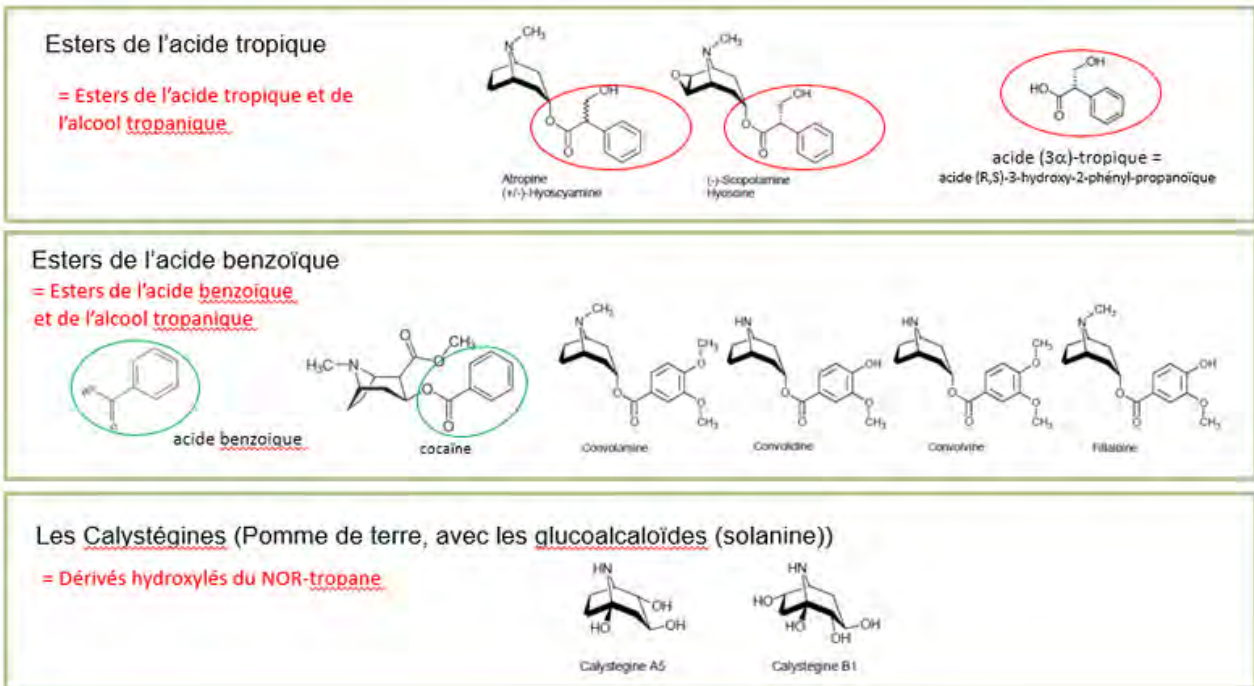


Fleur de datura

LES ALCALOÏDES TROPANIQUES

On en décrit 3 grandes familles :

- Des esters de l'acide tropique et de l'alcool tropanique :
Atropine et scopolamine
- Des esters de l'acide benzoïque et de l'alcool tropanique :
Cocaïne (alcool *beta*-tropanique)
Convolamine et molécules voisines (acide *alpha*-tropanique)
- Des dérivés hydroxylés de l'acide tropanique :
Calystégines



Le tableau ci-dessous indique dans quelles principales familles botaniques on peut les retrouver

Esters de l'acide tropique et de l'alcool tropanique	Esters de l'acide benzoïque et de l'alcool tropanique		Dérivés hydroxylés de l'acide tropanique
atropine scopolamine	cocaïne	autres	calystégines
Certaines solanacées	Érythroxylacées (coca)	Convolvulacées (liserons)	Certaines solanacées et convolvulacées (liserons)

LA RÉGLEMENTATION

En alimentation humaine

Le [RÈGLEMENT \(UE\) 2021/1408](#) DE LA COMMISSION du 27 août 2021 modifiant le règlement (CE) no 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales de certaines denrées alimentaires en alcaloïdes tropaniques ajoute de nouveaux produits à l'ancienne version qui ne concernait que certains aliments à base de céréales pour nourrissons et enfants en bas âge.

Ce règlement indique clairement que seules sont concernées l'atropine et la scopolamine (astérisque dans le document cf ci-dessous). Il est applicable à partir du 1er septembre 2022.

ANNEXE

À l'annexe du règlement (CE) n° 1881/2006, section 8, le point 8.2 est remplacé par le texte suivant:

«Denrées alimentaires (*)		Teneur maximale (ug/kg)	
8.2.	Alcaloïdes tropaniques (*)		
		Atropine	Scopolamine
8.2.1.	Préparations à base de céréales et aliments pour nourrissons et enfants en bas âge contenant du millet, du sorgho, du sarrasin, du maïs ou des produits qui en sont dérivés (*) (**)	1,0	1,0
		Somme de l'atropine et de la scopolamine	
8.2.2.	Millet et sorgho bruts (**)	5,0 à partir du 1 ^{er} septembre 2022	
8.2.3.	Maïs brut (**), à l'exception — du maïs brut destiné à être transformé par mouture humide (*) et — du maïs brut destiné au soufflage	15 à partir du 1 ^{er} septembre 2022	
8.2.4.	Sarrasin brut (**)	10 à partir du 1 ^{er} septembre 2022	
8.2.5.	Maïs destiné au soufflage Millet, sorgho et maïs mis sur le marché à destination du consommateur final Produits de mouture du millet, du sorgho et du maïs	5,0 à partir du 1 ^{er} septembre 2022	
8.2.6.	Sarrasin mis sur le marché à destination du consommateur final Produits de mouture du sarrasin	10 à partir du 1 ^{er} septembre 2022	
8.2.7.	Infusions (produit séché), à l'exception des infusions visées au point 8.2.8	25 à partir du 1 ^{er} septembre 2022	
8.2.8.	Infusions (produit séché) de graines d'anis	50 à partir du 1 ^{er} septembre 2022	
8.2.9.	Infusions (liquides)	0,20 à partir du 1 ^{er} septembre 2022	

(*) Les alcaloïdes tropaniques visés sont l'atropine et la scopolamine.»

Figure 1 - Teneurs max en ppb à ne pas dépasser dans les différents aliments concernés



LA RÉGLEMENTATION

En alimentation animale

La directive 2002/32/CE du Parlement européen et du Conseil du 7 mai 2002 sur les substances indésirables dans les aliments pour animaux modifiée par la directive [2009/141/CE](#) de la Commission du 23 novembre 2009 étend à toutes les espèces de *Datura* la limitation de 1 g de graines par kg d'aliments pour animaux.

L 308/20

FR

Journal officiel de l'Union européenne

24.11.2009

DIRECTIVES

DIRECTIVE 2009/141/CE DE LA COMMISSION

du 23 novembre 2009

modifiant l'annexe I de la directive 2002/32/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les teneurs maximales pour l'arsenic, la théobromine, *Datura* spp., *Ricinus communis* L., *Croton tiglium* L. et *Abrus precatorius* L.

(Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE)

- 3) Le point 14 – Graines de mauvaises herbes et fruits non moulus ni broyés contenant des alcaloïdes, des glucocides ou autres substances toxiques – est remplacé par le texte suivant:

Substances indésirables	Produits destinés aux aliments pour animaux	Teneur maximale en mg/kg (ppm) d'aliments pour animaux d'une teneur en humidité de 12 %
(1)	(2)	(3)
«14. Graines de mauvaises herbes et fruits non moulus ni broyés contenant des alcaloïdes, des glucocides ou autres substances toxiques, isolément ou ensemble:	Tous les aliments	3 000
<i>Datura</i> spp.		1 000»



LES SOLANACÉES

Les solanacées constituent une famille riche de plus de 2000 espèces, parmi lesquelles on trouve :

- Des plantes à usage alimentaire :
Pomme de terre, tomate, aubergine, paprika, poivron, piment
- Des espèces dangereuses ou toxiques :
A usage pharmaceutique
Belladone, datura, jusquiame, mandragore, Duboisia, tabac
Sans usage pharmaceutique
Des adventices : datura, douce-amère, morelle noire
Des plantes d'ornement



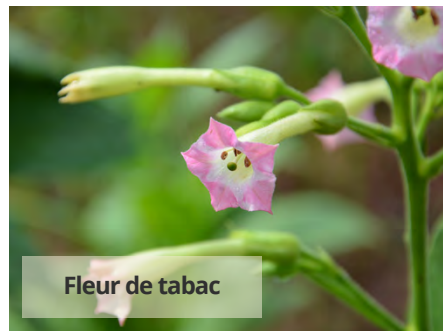
Fleur de tomate



Fleur de piment



Fleur d'aubergine



Fleur de tabac

Cette famille est connue pour produire différents types d'alcaloïdes dont les principaux sont :

- Des esters de l'acide tropique et de l'alcool tropanique
Atropine et scopolamine
- Des dérivés hydroxylés de l'alcool NOR-tropanique
Calystégines
- Des glucoalcaloïdes ou alcaloïdes stéroïdes
Alpha-solanine, alpha-tomatine, ...
- Des dérivés de la Pyridine
Nicotine, anabasine
- Des amides
Les capsaïcinoïdes

Figure 2 - Atropine et Hyoscyamine

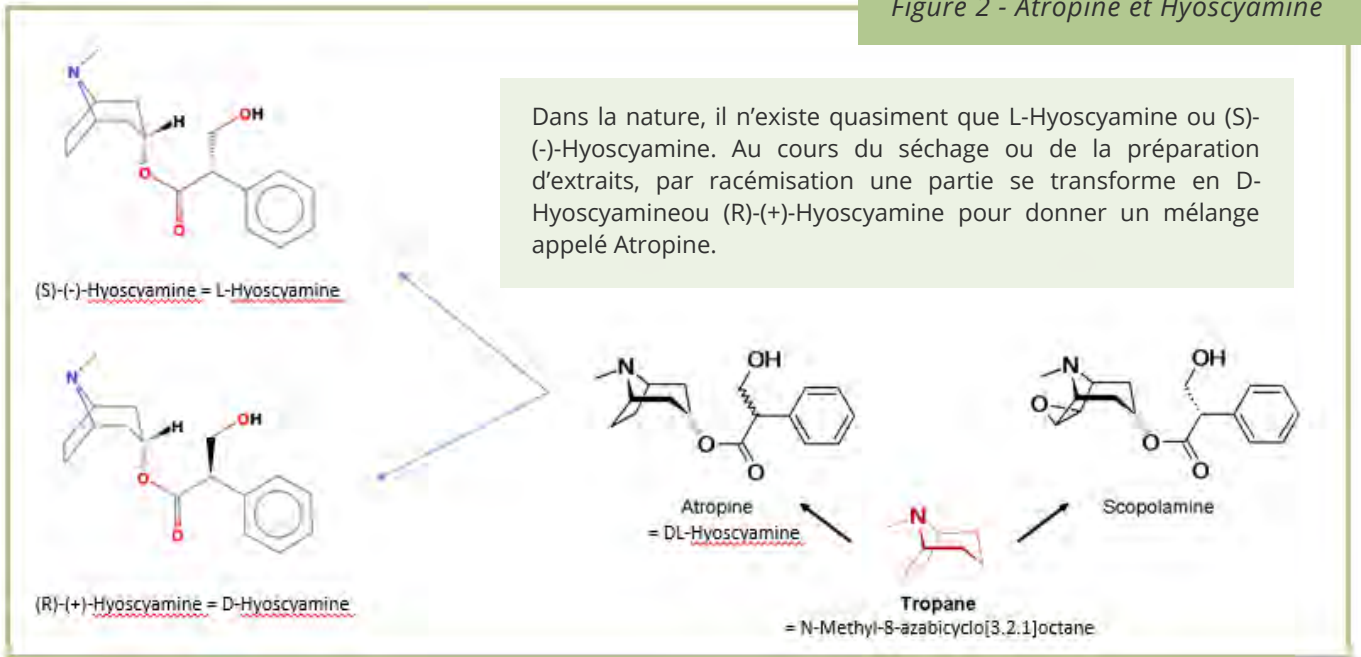


Figure 3 - Exemples de glucoalcaloïdes

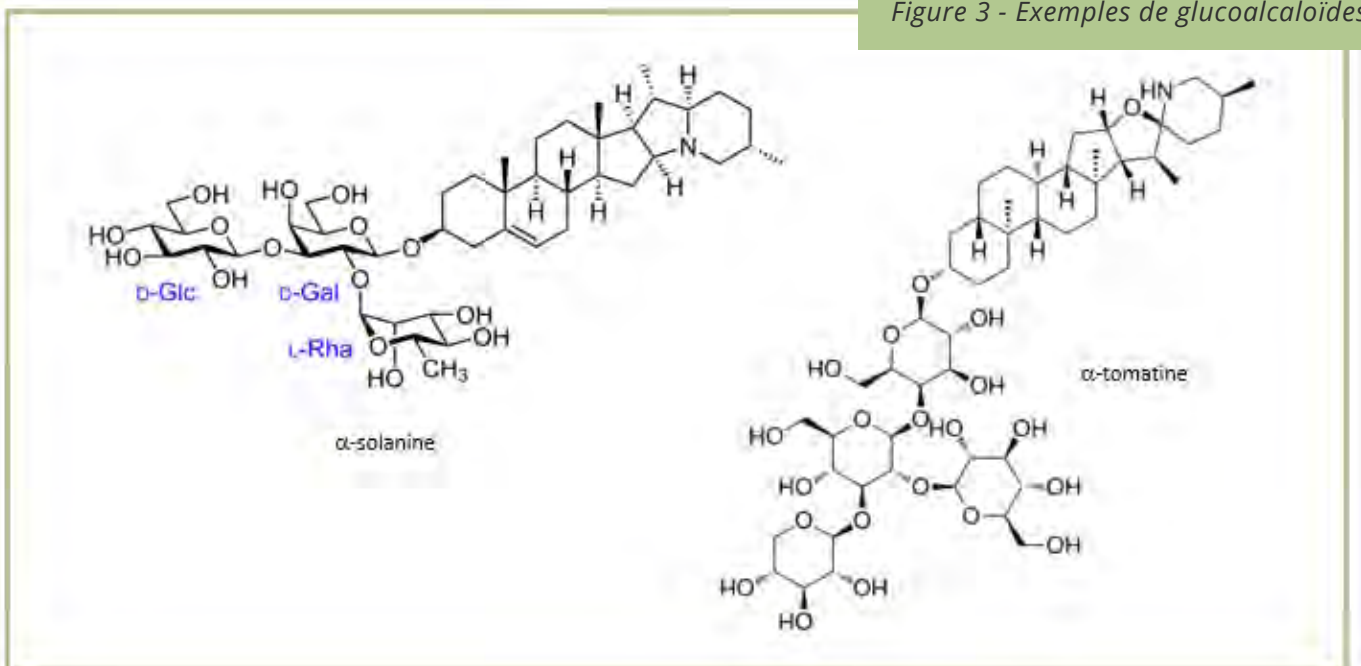
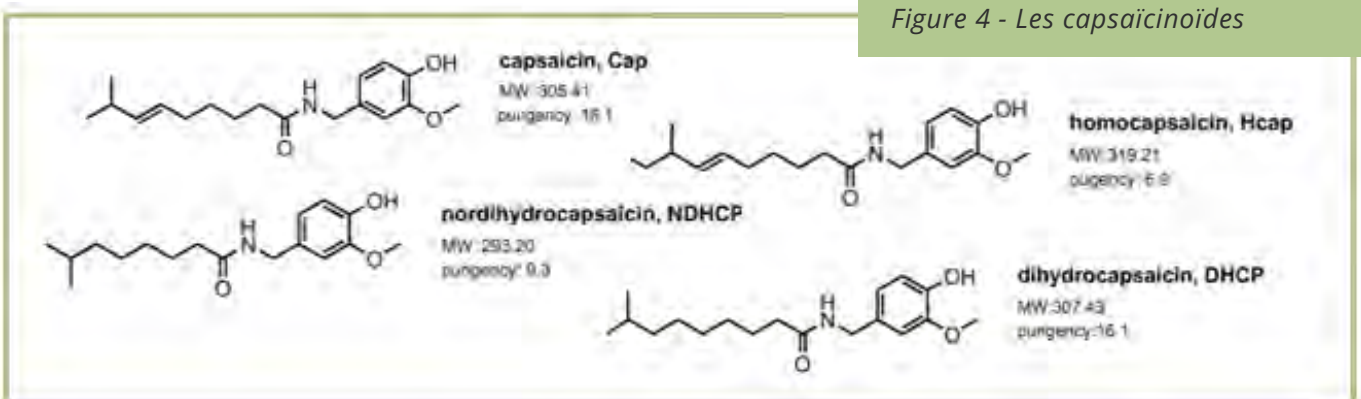


Figure 4 - Les capsaïcinoïdes



Le tableau ci-dessous indique les alcaloïdes trouvés dans certaines espèces de solanacées :
(en rouge les plantes concernées par la modification du règlement 1881/2006)

	atropine scopolamine	calystegines	glucoalcaloïdes	dérivés de la pyridine	capsaïcinoïdes
Datura	x				
Belladone	x				
Jusquiame	x				
Mandragore	x				
Pomme de terre		x	x		
Poivron		x			
Aubergine		x	x		
Paprika		x			
Piment		x			x
Tabac				x	
Tomate			x		
Morelle noire			x		
Morelle douce-amère			x		

LE(S) DATURA(S)

Plante invasive d'origine Amérique, le datura s'est implanté en France en suivant les voies de communication (fleuves) puis dans les cultures, d'abord dans les régions du Sud de la France et actuellement dans tout le territoire. Les botanistes distinguent plusieurs espèces et sous espèces avec des teneurs en AT variables.

L'UNILET a publié une [fiche technique très complète sur le datura en culture de haricots](#) (1).

Selon un [document de l'AFSSA](#) (maintenant ANSES) (2), sur la présence d'AT dans les farines de sarrasin :

- la masse moyenne d'une graine sèche [de datura] est de 5,5 mg
- un seul pied de datura pourrait renfermer, dans ses seules graines, jusqu'à 275 mg d'alcaloïdes
- la teneur moyenne en alcaloïdes des graines de datura est de 0,5 %

Selon une [publication \(3\) récente \(et en français\)](#), la teneur en AT dans la graine de datura varie selon les espèces et les variétés entre 1,5 et 7 pour mille de la somme Atropine + scopolamine.

En se basant sur ces estimations, le tableau ci-contre donne une idée des teneurs en AT en fonction du nombre de graines de datura dans 100 kg ou dans une tonne sèche de PPAM :

Nb de graines de datura pour 100 kg de MS PPAM	Teneur en AT en ppb dans MS PPAM	Nb de graines de datura par tonne de MS PPAM	Teneur en AT en ppb dans MS PPAM
1	27,5	1	2,75
10	275	10	27,5
50	1375	50	137,5
100	2750	100	275

Il suffirait donc de 10 graines par tonne pour dépasser la limite de 25 ppb du point 8.2.27 (infusions produits séchés) du règlement applicable à partir du 1er septembre 2022.

(1) Favaron O. ; 2019 ; haricots - Quel plan de bataille contre le datura ; UNILET infos juillet 2019 ; n° 162 ; pp 18-20.

(2) Afssa - Saisine n° 2008-SA-0221 ; Maisons-Alfort, le 18 février 2009

(3) Chollet S., Papet Y., Mura P., & Brunet B. (2010). Détermination des teneurs en atropine et scopolamine de différentes espèces sauvages et ornementales du genre *Datura*. Annales de Toxicologie Analytique, 22(4), 173-179.


LES ÉTUDES

Évaluation technico-économique de l'impact de la disparition des herbicides
pour les productions des PPAM
édition juillet 2022



Directrice de la publication : Christine Avelin
Rédaction : iteipmai pour la direction Marchés, études et prospective
Conception et réalisation : service Communication / Impression : service Arborial

12 rue Henri Rol-Tanguy - TSA 20002 / 93555 MONTREUIL Cedex
Tél. : 01 73 30 30 00 ■ www.franceagrimer.fr

 FranceAgriMer
 @FranceAgriMerFR