

Séneçon de Jacobée - *Senecio jacobea*

Table des matières

Abréviations et définitions	3
Introduction.....	4
Description	5
Plante adulte	5
Fleurs	5
Graines.....	5
Répartition géographique	6
Cycle	6
Nuisibilité.....	6
Gestion au champ.....	6
Danger : Alcaloïdes pyrrolizidiniques	7
Description	7
Propriétés physico-chimiques	7
Effets des process et de la conservation	8
Toxicité.....	8
Toxicité aiguë	8
Chez l'Homme	8
Chez l'animal.....	9
Toxicité chronique	9
Chez l'Homme	9
Chez l'animal.....	9
Génotoxique	9
Toxicocinétique.....	9
Chez l'Homme	9
Chez l'animal.....	10
Transfert vers les matrices animales	10
Traitements après intoxication	10
Homme	10
Animal.....	10
Doses	11

Pour l'Homme.....	11
Pour l'animal.....	11
Exposition	11
Homme	11
Animal.....	12
Réglementation européenne	12
Mesures de gestion	14
Méthodes d'analyse	14
Mesures préventives pour l'homme et l'animal.....	15
Recommandations.....	16
Tableau récapitulatif.....	17
Références	18

Abréviations et définitions

AP : Alcaloïde pyrrolizidinique

HPLC : High performance **Liquid chromatography**/chromatographie liquide haute performance.

LOAEL : Lowest Observable Adverse Effect Level / Dose minimale avec effet nocif observable : Dose la plus basse de substance testée ou observée pour laquelle un effet nocif significatif sur l'organisme a été observé.

MoE : marge of exposure : rapport entre une valeur de paramètre toxicologiques (NOAEL...) et l'exposition à une substance ou mélange. Elle permet de mettre en place une valeur d'exposition sécuritaire à ne pas dépasser. Dans le cas où elle est dépassée, il reste une marge avant d'atteindre les doses réellement toxiques.

Toxicocinétiques : Effets que le corps peut avoir sur un toxique. Ces effets sont en relation avec l'absorption, la distribution, la métabolisation et l'élimination du toxique (ou autre molécule).

- Absorption : Cette étape correspond à l'entrée du toxique dans l'organisme, jusqu'à son arrivée dans la circulation sanguine.
 - Biodisponibilité : Quantité de toxique présent dans la circulation sanguine.
- Distribution : Transport du toxique via la circulation sanguine, jusqu'aux tissus auxquels il sera distribué.
 - Volume de distribution : Volume imaginaire de distribution d'une substance dans l'organisme, en supposant qu'il y ait la même concentration dans tout l'organisme. Il est compris entre 0,06 L/kg et 500 L/kg, voire plus (pour une personne de 70kg : entre 4,2 L et 35 000 L).
- Métabolisme : Transformation d'une molécule par des enzymes, dans le sang ou les cellules des tissus de distribution, donnant lieu à des métabolites dérivés du toxique.
- Élimination : Excrétion du toxique ou de ses métabolites par l'organisme.
 - Demi-vie : Temps nécessaire pour que la concentration plasmatique du toxique diminue de 50%.

Introduction

Le séneçon de Jacobée est une adventice vivace, connue pour ses effets hépatotoxiques chez l'Homme [1] mais également et surtout, chez les bovins et chevaux. [2] [3] Elle est originaire de l'Eurasie et d'Afrique du Nord.

Les molécules responsables de sa toxicité sont des alcaloïdes pyrrolizidiniques (APs*). Bien que posant des problèmes de toxicité animale, peu de rapports concernant cette adventice sont disponibles. Cependant, des rapports de l'EFSA ainsi qu'une réglementation européenne sur les alcaloïdes pyrrolizidiniques existent.

Ainsi, ce document est un état des lieux des informations disponibles concernant cette adventice.

Description

Le séneçon de Jacobée est une plante vivace, rencontrée au niveau des prairies. [4]

Plante adulte



- Cette plante peut mesurer entre 40 et 200 cm [5]
- Les tiges des feuilles mesurent 40-80 cm, se divisent en plusieurs autres tiges, avec ou sans poils [4]
- Feuilles sans poils, en longueur, avec limbes divisés en morceaux [4]

Fleurs



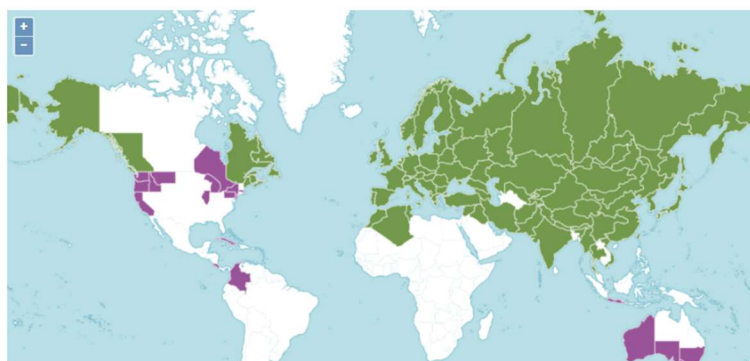
- Fleurs jaunes

Graines



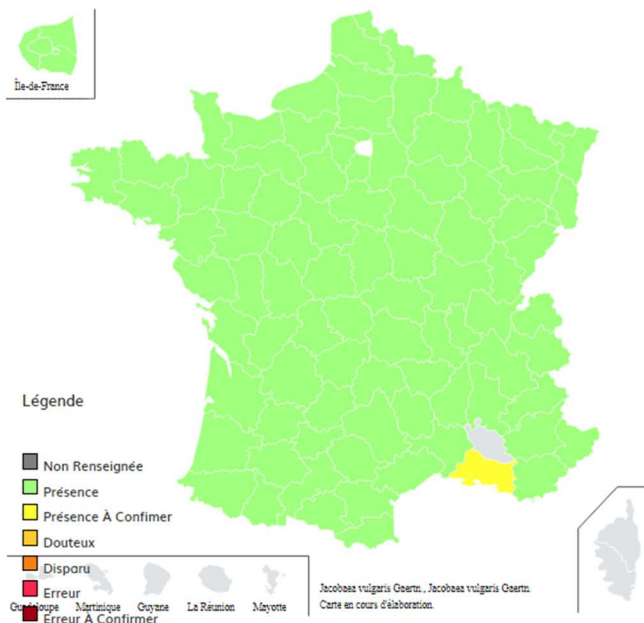
- Akène
- 2 mm de longueur
- De forme cylindrique
- Surface côtelée avec de courts poils
- De couleur jaune/ brun clair[6]

Répartition géographique



■ Native ■ Introduced

Départements de présence du séneçon de Jacobée en France (*Jacobaea vulgaris* – repartition – eFlore – Tela Botanica (tela-botanica.org))



Répartition mondiale du genre *jacobea*
(*Jacobaea* Mill. | Plants of the World Online | Kew Science)

Cycle

	J	F	M	A	MA	J	JU	AO	S	O	N	D
Floraison												

- Aucune information sur la germination et la maturation n'a été trouvée.[7]

Nuisibilité

Toxique pour les animaux en pâturages. [8]

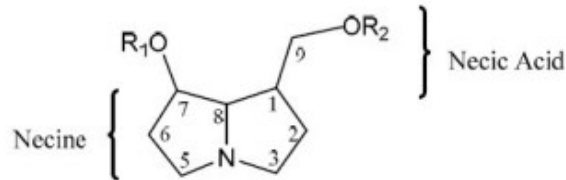
Gestion au champ

Cette plante étant surtout présente dans les pâturages, pas ou peu d'informations sont disponibles concernant la gestion de cette adventice dans les champs.

Danger : Alcaloïdes pyrrolizidiniques

Description

Les alcaloïdes pyrrolizidiniques sont des métabolites secondaires que l'on retrouve dans d'autres plantes connues pour être toxiques pour les animaux (Exemple du crotalaria).

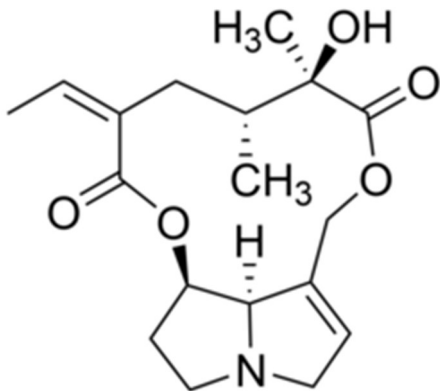


Formé d'une base nécique, contenant deux hydroxyles en position 1 et 7 qui sont estérifiés par des acides néciques.[1]

Le motif pyrrolizidinique serait responsable de la toxicité de ces molécules.

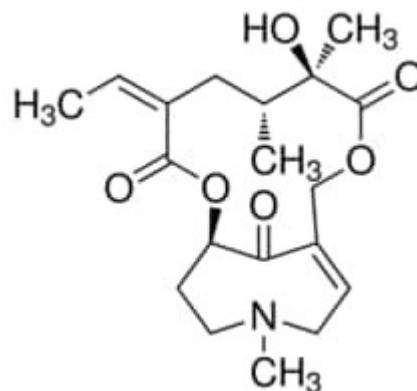
Besoin d'une activation métabolique pour exercer leurs effets toxiques[9], c'est-à-dire d'une transformation par des enzymes, au niveau du foie. [10]

Les 2 principaux alcaloïdes pyrrolizidiniques du séneçon Jacobée sont la senecionine et la senkirkine [9].



[11] [12]

Senecionine



Senkirkine

Propriétés physico-chimiques

N°CAS de senecionine : 130-01-8 [13]

N°CAS de la senkirkine : 2318-18-5 [14]

	Masse moléculaire (g/mol)	LogKow	pka	Point de fusion (C°)
Senecionine	335,4 [13]	-0,88[13]	5,92[13]/12,81 [15]	472,03 (estimation approximative) [15]
Senkirkine	365,4[14]	-0,27[14]/0,690 [16]	12,67 [16]	497,19 [16]

Effets des process et de la conservation

Peuvent résister à des températures allant jusqu'à 250°C.[1]

Traitements thermiques[1]		
Produits contenant des APs	Traitements	Effets sur la teneur en APs
Pain, gâteaux	Cuisson	Résistance des APs
Lait	Stérilisation UHT	Résistance des APs
Conservation [1]		
Menthes poivrées et foin	6 mois de stockage	Résistance des APs
Tisanes de menthe poivrée et fourrage lyophilisés	182 jours, 20°C	Résistance des AP

Toxicité

Cette plante est connue pour son caractère hépatotoxique, aussi bien chez l'Homme que chez l'animal. [3] [1]

A propos des animaux, il est dit que les moutons, chèvres, lapins, hamsters, cochons d'Inde sont résistants au APs, contrairement aux poules, dindes, chevaux, bovins et porcs qui seraient connus pour être plus sensibles à ces molécules.[9]

Les intoxications ont été observées majoritairement chez les chevaux [9], mais également chez les bovins [3].

Toxicité aiguë

Chez l'Homme

Les effets observés chez l'Homme sont des effets dus aux alcaloïdes pyrrolizidiniques, et pas forcément seulement ceux du séneçon de Jacobée.

- Lésions hépatiques (nécroses, fibroses, hyperplasie biliaires)
- Obstruction des sinusoides hépatiques et des veines centrales
- Elévation de la pression du système portal [1]

Syndrome veino-occlusif hépatique

- Mort [17]

Chez l'animal

- Lésions hépatiques [3]
- Ictère
- Tachycardie
- Tachypnée
- Succession de moments d'excitation et d'abattement
- Mort de l'animal en quelques heures à quelques jours [3]

Toxicité chronique

Chez l'Homme

(A faible dose)

- Cirrhose
- Hémangiosarcome [1]

Chez l'animal

L'intoxication chronique est le cas de figure le plus fréquent, avec pour signes :

- Lésions hépatiques [3]
- Phase de latence (1-2 mois)
- Perte de poids
- Perte d'appétit
- Constipation
- Ictère observé au niveau des muqueuses
- Fatigue et Titubation
- Mort de l'animal [3]

Génotoxique

Adduits de l'ADN après activation métabolique à génotoxique* et tumorigène* [9] [18].

(Les APs 1,2-insaturés sont notamment connus pour leurs effets cancérigènes génotoxiques[19]).

Toxicocinétique

Chez l'Homme

Peu d'information sur la toxicocinétique* lié au sénéçon de Jacobée et leurs APs sont disponibles. On sait cependant que :

- ces molécules subissent un métabolisme hépatique, donnant des métabolites toxiques [20] ;

- L'Homme excrète la plupart des APs dans l'urine ou les fèces sous forme inchangée [1].

Chez l'animal

Absorption* : rapide pour la voie orale [10]

Distribution* : La distribution se fait majoritairement vers le foie.[10]

Métabolisme* : métabolisme hépatique [10]

Elimination* : excrétion urinaire rapide[10]

- ➔ Une étude a estimé le temps de demi-vie* de la senecionine et de la senkirkine, présentées dans le tableau ci-dessous. [9]

Temps de demi-vie	Cheval	Vache
Senecionine	690 min	580 min
Senkirkine	30 min	+1400 min

Etant donné les temps de demi-vie élevés des molécules chez la vache, les auteurs ont émis l'hypothèse d'une non métabolisation des deux APs chez la vache.[9]

Transfert vers les matrices animales

Des transferts vers les matrices suivantes ont été observés :

- Transfert vers le lait (qui devient un lait toxique)[3]
- Transfert vers les œufs. [18]
- Transfert vers le miel (qui est aussi une source d'exposition à ne pas négliger).[18]

Traitements après intoxication

Homme

Il n'y a pas d'information disponible concernant les traitements après intoxication chez l'Homme.

Animal

Il n'y a pas de traitement à proprement parlé [3], mais avant que les symptômes cliniques apparaissent, il est conseillé :

- Un régime plus riche en glucides qu'en protéines[10]
- Ingestion de médicaments hépato-protecteurs[7]
- Prioriser le repos de l'animal [7]
- Lutter contre la déshydratation [10]

La guérison après intoxication aux APs est rare [10].

Doses

Pour l'Homme

Chronique : Le groupe d'experts des contaminants de la chaîne alimentaire de l'EFSA (CONTAM) a émis une marge d'exposition (MoE*). Pour cela, le groupe CONTAM a pris comme valeur toxicologique de référence **70 µg/kg** de poids corporel par jour. Cette valeur correspond à la dose pour laquelle on a observé 10% de risque d'avoir un cancer du foie (hémangiosarcome), chez des rats mâles, pour la lasiocarpine.

La lasiocarpine est un AP 1,2-insaturé faisant partie des plus toxiques.

Aiguë : LOAEL* : **2 mg/kg** de poids corporel par jour. [21]

Pour l'animal

Animaux	Effets	Doses
Bovins	Toxiques	50-100g durant 6-8 semaines [3] [22]
	Mortels ¹	25-50 kg de plante [22]
Ovins	Toxiques	160-320 g de plante sèche [22]
Cheval	Toxiques	50-100g durant 6-8 semaines [3] [22]
	Mortels	3-5% poids vif ~ 300g/jours durant 50 jours [3]

Remarques : *La létalité est probablement due aux APs en eux-mêmes.

Exposition

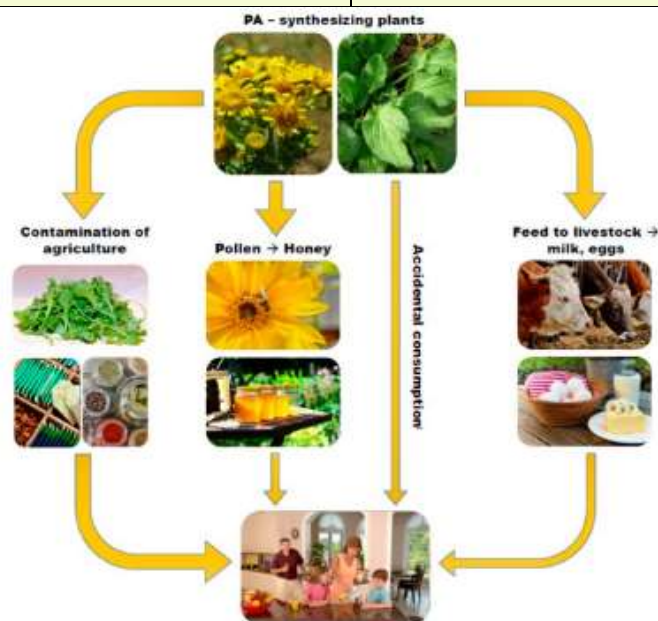
Homme

L'exposition de l'Homme au sénéçon de Jacobée via l'alimentation n'est pas ou peu répertoriée. Cependant, il est connu que les intoxications dues aux APs sont observées après consommation de salades, de tisanes ou de produits animaux (lait, œufs, miel).[18]

Par ailleurs, l'exposition aux APs a été estimée pour la consommation de produits d'origine végétale par l'EFSA [1] :

Type d'exposition	Dose d'exposition (en moyenne)
Chronique, chez les jeunes enfants	154-214 ng/kg de poids corporel par jour
Aiguë, chez les jeunes enfants	311 ng/kg de poids corporel par jour.
Chronique, chez les jeunes consommateurs de miel	0,3-27 ng/kg de poids corporel par jour
Chronique, chez les adultes consommateurs de miel	0,1-7,4 ng/kg de poids corporel par jour
Chronique, consommateurs de compléments alimentaires à base de pollen	0,7-12 ng/kg de poids corporel par jour

Aiguë, consommateurs de compléments alimentaires à base de pollen	2,8-44ng/kg de poids corporel par jour
Aiguë, 150 mL d'infusion avec 2g d'extrait de plante	67 000 ng/kg de poids corporel par jour



4 voies d'entrée des PAs dans l'alimentation humaine

Animal

Via l'alimentation, dans les fourrages, foin et ensilages contaminés [18].

Réglementation européenne

Le séneçon de Jacobée n'est pas réglementé, contrairement aux teneurs en APs.

Le règlement (UE) 2023/915 de la Commission du 25 avril 2023 concernant les teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires et abrogeant le règlement (CE) no 1881/2006, en vigueur le 25 mai 2023 fixe des valeurs pour les APs se situant entre 1 µg/kg pour les thés et infusions pour nourrissons et enfants en bas âges, et 1000 µg/kg pour les produits contenant bourrache, livèche, marjolaine et origan (produit séché) [23] :

2.4	Alcaloïdes pyrrolizidiniques	Teneur maximale (µg/kg)	Remarques
		<p>La teneur maximale se rapporte à l'estimation inférieure de la somme des 21 alcaloïdes pyrrolizidiniques suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> — intermédiaire/lycopsamine, intermédiaire-N-oxyle/lycopsamine-N-oxyle, sénécionine/sénécivermine, sénécionine-N-oxyle/sénécivermine-N-oxyle, sénéciphylline, sénéciphylline-N-oxyle, rétorsine, rétorsine-N-oxyle, échimidine, échimidine-N-oxyle, lasiocarpine, lasiocarpine-N-oxyle, senkirkine, europine, europine-N-oxyle, héliotrine et héliotrine-N-oxyle et des 14 autres alcaloïdes pyrrolizidiniques suivants connus pour coéluer avec un ou plusieurs des 21 alcaloïdes pyrrolizidiniques susmentionnés, au moyen de certaines méthodes d'analyse utilisées actuellement: — indicine, échinatine, rinderine (possible coélution avec lycopsamine/intermédiaire), indicine-N-oxyle, échinatine-N-oxyle, rinderine-N-oxyle (possible coélution avec lycopsamine-N-oxyle/intermédiaire-N-oxyle), integerrimine (possible coélution avec sénécivermine/sénécionine), integerrimine-N-oxyle (possible coélution avec sénécivermine-N-oxyle/sénécionine-N-oxyle), héliosupine (possible coélution avec échimidine), héliosupine-N-oxyle (possible coélution avec échimidine-N-oxyle), spartioidine (possible coélution avec sénéciphylline), spartioidine-N-oxyle (possible coélution avec sénéciphylline-N-oxyle), usaramine (possible coélution avec rétorsine), usaramine N-oxyle (possible coélution avec rétorsine N-oxyle). <p>Les alcaloïdes pyrrolizidiniques, qui peuvent être identifiés individuellement et séparément avec la méthode d'analyse utilisée, sont quantifiés et inclus dans la somme.</p>	<p>Dans le cas des alcaloïdes pyrrolizidiniques, les teneurs maximales se rapportent aux concentrations inférieures, que l'on calcule en supposant que toutes les valeurs inférieures à la limite de quantification sont égales à zéro.</p>
2.4.1	Feuilles de bourrache (fraîches, congelées) mises sur le marché pour le consommateur final	750	Sans préjudice de règles nationales plus restrictives dans certains États membres en ce qui concerne la mise sur le marché de végétaux contenant des alcaloïdes pyrrolizidiniques.
2.4.2	Herbes séchées, à l'exclusion des produits énumérés au point 2.4.3	400	Sans préjudice de règles nationales plus restrictives dans certains États membres en ce qui concerne la mise sur le marché de végétaux contenant des alcaloïdes pyrrolizidiniques.
2.4.3	Bourrache, livèche, marjolaine et origan (produit séché) et mélanges composés exclusivement de ces herbes séchées	1 000	Sans préjudice de règles nationales plus restrictives dans certains États membres en ce qui concerne la mise sur le marché de végétaux contenant des alcaloïdes pyrrolizidiniques.
2.4.4	Thé (<i>Camellia sinensis</i>) et thé aromatisé ⁽¹⁾ (<i>Camellia sinensis</i>) (produit séché), à l'exclusion du thé et du thé aromatisé visés au point 2.4.5	150	<p>Dans le cas des thés aux fruits séchés et aux herbes séchées, l'article 3 s'applique.</p> <p>Le thé (<i>Camellia sinensis</i>) (produit séché) désigne:</p> <ul style="list-style-type: none"> — le thé (<i>Camellia sinensis</i>) (produit séché) à partir de feuilles, tiges et fleurs séchées (en sachets ou en vrac) utilisées pour la préparation d'un thé (produit liquide); et — les thés instantanés. Dans le cas des extraits de thé en poudre, un facteur de concentration de 4 doit être appliqué.
2.4.5	Thé (<i>Camellia sinensis</i>), thé aromatisé ⁽²⁾ (<i>Camellia sinensis</i>) et infusions (produit séché) et ingrédients destinés à être utilisés dans des infusions (produits séchés) pour nourrissons et enfants en bas âge	75	Dans le cas des thés aux fruits séchés et aux herbes séchées, l'article 3 s'applique.
2.4.6	Thé (<i>Camellia sinensis</i>), thé aromatisé ⁽²⁾ (<i>Camellia sinensis</i>) et infusions (produit liquide) pour nourrissons et enfants en bas âge	1,0	Dans le cas des thés aux fruits séchés et aux herbes séchées, l'article 3 s'applique.
2.4.7	Infusions (produit séché) et ingrédients destinés à être utilisés dans des infusions (produits séchés), à l'exclusion des produits énumérés aux points 2.4.5 et 2.4.8	200	<p>Les infusions (produit séché) désignent:</p> <ul style="list-style-type: none"> — les infusions (produit séché) de fleurs, de feuilles, de tiges, de racines et de toute autre partie de la plante (en sachets ou en vrac) utilisées pour la préparation d'une infusion (produit liquide); et — les infusions instantanées. Dans le cas des extraits en poudre, un facteur de concentration de 4 doit être appliqué. <p>Sans préjudice de règles nationales plus restrictives dans certains États membres en ce qui concerne la mise sur le marché de végétaux contenant des alcaloïdes pyrrolizidiniques.</p>
2.4.8	Infusions (produit séché) et ingrédients destinés à être utilisés dans des infusions (produits séchés) de rooibos, d'anis (<i>Pimpinella anisum</i>), de mélisse, de camomille, de thym, de menthe poivrée, de verveine citronnée et mélanges composés exclusivement de ces herbes séchées, à l'exclusion des infusions visées au point 2.4.5	400	<p>Les infusions (produit séché) désignent:</p> <ul style="list-style-type: none"> — les infusions (produit séché) de fleurs, de feuilles, de tiges, de racines et de toute autre partie de la plante (en sachets ou en vrac) utilisées pour la préparation d'une infusion (produit liquide); et — les infusions instantanées. Dans le cas des extraits en poudre, un facteur de concentration de 4 doit être appliqué.
2.4.9	Cumin	400	
2.4.10	Compléments alimentaires contenant une préparation de plante ⁽³⁾ , y compris les extraits, à l'exclusion des produits énumérés au point 2.4.11	400	<p>La teneur maximale s'applique aux compléments alimentaires tels que mis sur le marché.</p> <p>Sans préjudice de règles nationales plus restrictives dans certains États membres en ce qui concerne la mise sur le marché de végétaux contenant des alcaloïdes pyrrolizidiniques.</p>
2.4.11	Compléments alimentaires à base de pollen Pollen et produits de pollen	500	La teneur maximale s'applique aux compléments alimentaires tels que mis sur le marché.

Mesures de gestion

Peu ou pas de mesures de gestion post récolte sont disponibles sur cette adventice.

Méthodes d'analyses

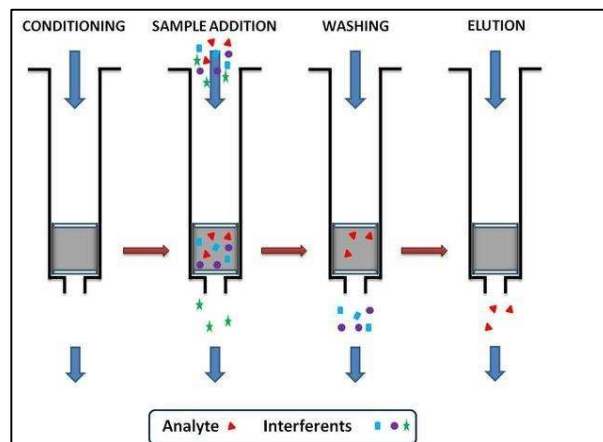
Extraction

L'extraction pourra se faire :

- Avec solvant polaire (méthanol) et lavage du matériel d'extraction avec des solvants non polaires, permet d'avoir une extraction avec moins d'interférence.
- Ou acide aqueux : les extraits pourront ensuite faire l'objet d'une extraction liquide-liquide à l'aide de solvant non polaire (ex : dichlorométhane), pour réduire les interférences des composés non polaires.[24]

Purification

La purification sur phase solide (SPE) est la principale méthode de purification des PAs utilisée.[24]



Extraction sur phase solide[25]

Analyse

L'(HP)LC* couplée à la spectrométrie de masse est une méthode reconnue pour ces avantages [1] [10] [24] :

- Faible limite de détection (< 1µg/kg)
- Permet la détection des PAs réduits ET oxydés

- La disponibilité du matériel [24]

Mesures préventives pour l'homme et l'animal

Tenir éloigné des enfants.

Consulter un centre antipoison ou un centre antipoison vétérinaire pour les animaux en cas de contact/ingestion.

Garder si possible un moyen d'identification de la plante/molécules (photo de la plante, étiquettes...)[26]

Contact d'urgence :

Samu : 15 Numéro d'appel d'urgence européen : 112

Centres antipoison de Angers : 02 41 48 21 21

Centres antipoison de Bordeaux : 05 56 96 40 80

Centres antipoison de Lille : 08 00 59 59 59

Centres antipoison de Lyon : 04 72 11 69 11

Centres antipoison de Marseille : 04 91 75 25 25

Centres antipoison de Nancy : 03 83 22 50 50

Centres antipoison de Paris : 01 40 05 48 48

Centres antipoison de Toulouse : 05 61 77 74 47

Centres antipoison vétérinaire de Lyon : 04 78 87 10 40

Centres antipoison vétérinaire de Nantes : 02 40 68 77 40 [26]

Recommandations

- Davantage de recherches sur la biologie du séneçon de Jacobée sont nécessaires.
- De même concernant les méthodes de gestion en prairies.
- Le séneçon de Jacobée étant connu pour sa toxicité chez le bétail, une réglementation le concernant permettrait de réduire les événements d'intoxication.
- Une estimation des coefficients de transfert des molécules toxiques vers les matrices animales serait également utile.

Tableau récapitulatif

Occurrence	Plante vivace
Cycle	Germination, floraison, maturation entre avril et novembre
Nuisibilité	Toxicité chez les bovins et chevaux
Danger	Alcaloïdes pyrrolizidiniques
Toxicité	Hépatotoxique
Transfert vers les matrices animales	Transferts vers le lait, les œufs et le miel
Traitements	Animal : régime riche en glucides, ingestion de médicaments hépato-protecteurs
Doses	Homme Chronique : Dose toxicologique de référence : 70 µg/kg pc Aiguë : LOAEL : 2 mg/kg Animal Toxiques : 50-100g pour bovins et chevaux. 160-320 g pour les ovins Mortelles : 25-50 kg pour les bovins. 300g/j pour les chevaux
Exposition	Alimentation
Réglementation	Pas de réglementation concernant le séneçon de Jacobée. Réglementation européenne sur les APs
Méthodes d'analyse	<u>Extraction</u> : solvants polaires <u>Purification</u> : SPE <u>Analyse</u> : HPLC + spectrométrie de masse

Références

- [1] Bellenot D. Les Alcaloïdes Pyrrolizidiniques (AP). n.d.
- [2] Sénéçon du Cap et sénéçon de Jacobée : plantes toxiques envahissantes. Binette & Jardin n.d. <https://jardinage.lemonde.fr/dossier-3492-senecon-cap-jacobee.html> (accessed August 11, 2023).
- [3] Noms français final n.d. <https://vegetox.envt.fr/Menus-html/nomsfrançaisfinal.htm> (accessed July 20, 2023).
- [4] eFlore. Tela Botanica n.d. <https://www.tela-botanica.org/eflore/> (accessed August 11, 2023).
- [5] *Jacobaea vulgaris*. Wikipédia 2023.
- [6] Keepeek - Détail média n.d. https://mediatheque.geves.fr/geves/media?mediaTitle=title_Jacobaea+vulgaris+Gaertn.&mediald=11032 (accessed August 10, 2023).
- [7] MASNE; NGL. Les sénéçons : plantes toxiques n.d. <https://equipedia.ifce.fr/elevage-et-entretien/alimentation/intoxication-alimentaire/le-senecon-plante-toxique> (accessed July 10, 2023).
- [8] *Jacobaea vulgaris* Gaertn. idseed n.d. https://seedidguide.idseed.org/fr/fact_sheets/jacobaea-vulgaris/ (accessed August 10, 2023).
- [9] Kolrep F, Numata J, Kneuer C, Preiss-Weigert A, Lahrssen-Wiederholt M, Schrenk D, et al. In vitro biotransformation of pyrrolizidine alkaloids in different species. Part I: Microsomal degradation. Arch Toxicol 2018;92:1089–97. <https://doi.org/10.1007/s00204-017-2114-7>.
- [10] Pyrrolizidine Alkaloidosis in Animals - Toxicology. Merck Veterinary Manual n.d. <https://www.merckvetmanual.com/toxicology/pyrrolizidine-alkaloidosis/pyrrolizidine-alkaloidosis-in-animals> (accessed July 20, 2023).
- [11] Sénécionine. Wikipédia 2022.
- [12] Senkirkine analytical standard 2318-18-5 n.d. <http://www.sigmaaldrich.com/> (accessed July 19, 2023).
- [13] PubChem. Senecionine n.d. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5280906> (accessed July 19, 2023).
- [14] PubChem. Senkirkine n.d. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5281752> (accessed July 19, 2023).

- [15] SENECONINE | 130-01-8. ChemicalBook n.d.
https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB6491042.htm (accessed July 19, 2023).
- [16] SENKIRKIN | 2318-18-5. ChemicalBook n.d.
https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB9427741.htm (accessed July 19, 2023).
- [17] Jacobaea - an overview | ScienceDirect Topics n.d.
<https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/jacobaea> (accessed July 31, 2023).
- [18] Delpech_Vincent_these.pdf n.d.
- [19] L'EFSA évalue l'impact sur la santé des alcaloïdes pyrrolizidiniques dans l'alimentation humaine et animale | EFSA 2011. <https://www.efsa.europa.eu/fr/press/news/efsa-assesses-health-impacts-pyrrolizidine-alkaloids-food> (accessed August 1, 2023).
- [20] 20220907_Etude_disparition_herbicide_PPAM.PDF n.d.
- [21] European Food Safety Authority (EFSA). Dietary exposure assessment to pyrrolizidine alkaloids in the European population. EFS2 2016;14.
<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4572>.
- [22] interagit.pdf n.d.
- [23] RÈGLEMENT (UE) 2023915 DE LA COMMISSION.pdf n.d.
- [24] Chain (CONTAM) EP on C in the F. Scientific Opinion on Pyrrolizidine alkaloids in food and feed. EFSA Journal 2011;9:2406. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2406>.
- [25] Figure 4. Stages of solid phase extraction (SPE). ResearchGate n.d.
https://www.researchgate.net/figure/Stages-of-solid-phase-extraction-SPE_fig3_312498761 (accessed June 6, 2023).
- [26] ANSES-Ft-Plantes-toxiques-ingestion-2021.pdf n.d.