

Morelle noire - *Solanum nigrum*

Table des matières

| | |
|-----------------------------------------------------|----|
| Abréviations et définitions..... | 3 |
| Introduction..... | 4 |
| Description..... | 5 |
| Stade plantule | 5 |
| Stade adulte | 5 |
| Fruits | 6 |
| Graines..... | 6 |
| Répartition géographique | 7 |
| Cultures concernées..... | 8 |
| Types de sol | 8 |
| Cycle..... | 8 |
| Nuisibilité : Forte..... | 8 |
| Gestion au champ | 9 |
| Solutions herbicides | 9 |
| Gestion intégrée | 9 |
| Danger..... | 10 |
| Description | 10 |
| Propriétés physico-chimiques :..... | 11 |
| Effets des process et de la conservation..... | 12 |
| Toxicité | 14 |
| Reprotoxicité | 14 |
| Génotoxicité | 14 |
| Toxicité subaiguë | 15 |
| Toxicité aiguë | 16 |
| Chez l'Homme | 16 |
| Chez l'animal | 16 |
| Toxicocinétique | 16 |
| Chez l'Homme | 16 |
| Chez Animal..... | 17 |
| Transfert vers les matrices d'origine animale | 17 |
| Transfert vers le lait..... | 17 |
| Traitements après intoxication..... | 18 |

| | |
|----------------------------------------------------|----|
| Doses | 19 |
| Pour l'Homme..... | 19 |
| Pour l'animal..... | 19 |
| Exposition | 20 |
| Homme..... | 20 |
| Animal | 21 |
| Réglementation | 22 |
| Mesures de gestion | 22 |
| Méthodes d'analyse..... | 22 |
| Mesures préventives pour l'Homme et l'animal | 25 |
| Recommandations..... | 26 |
| Tableau récapitulatif | 27 |
| Références | 28 |

Abréviations et définitions

GA : glucoalcaloïdes

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.

LOEL : Lowest Observable Effect Level / Dose minimale avec effet observable : Dose la plus basse de substance testée ou observée pour laquelle un effet 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.

NOAEL : No Observable Adverse Effect Level / Dose sans effet nocif observable : Dose la plus élevée de substance testée ou observée pour laquelle aucun effet toxique significatif sur l'organisme n'a été observé.

Phase inverse : Relatif à une chromatographie avec une phase stationnaire apolaire, et donc utilisant un solvant polaire pour l'élution.

Toxicité subaiguë : Fait référence à une toxicité apparaissant après une exposition comprise entre 24h et 28 jours.

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.
- Excrétion : Elimination du toxique ou de ses métabolites par l'organisme.

- Demi-vie : Temps nécessaire pour que la concentration plasmatique du toxique diminue de 50%.

Introduction

La morelle noire est une adventice annuelle pouvant être toxique. Son territoire d'origine serait l'Eurasie [1]. Elle est connue et utilisée depuis l'antiquité et a su se rendre populaire au cours de l'histoire grâce à ses propriétés analgésiques, anti-inflammatoires et antinévralgiques. [2]

Bien que sa présence au sein de la plante ne soit pas toujours avérée [3], la morelle noire est aujourd'hui réputée pour contenir une molécule toxique, la solanine[4]. Cette dernière aurait été découverte par Desfosses en 1820 [5] et isolée des fruits de cette plante en 1861.[2] Les effets toxiques de cette molécule se manifestent par des troubles digestifs et neurovégétatifs. [4]

Entre 2000 et 2015, 50% des appels au centre antipoison et environnemental de l'Ouest de la France ont concerné le *Datura* ou la morelle noire (pour obtenir des informations ou pour recenser une suspicion d'intoxication)[6]. Il y a également eu des rappels de produits contenant des baies de morelle noire, comme le rappel des petits pois bio surgelés Saint-Eloi en début d'année 2023 [7]. Ces événements démontrent l'importance de la surveillance de cette adventice.

Cependant, peu de rapport d'études sur la morelle noire existent aujourd'hui. La plupart des informations trouvées sur la famille de molécules toxiques contenues dans la morelle noire, les glucoalcaloïdes (GA*), portent sur les pommes de terre ou les aubergines, qui appartiennent également au genre *Solanum*. [8]

Ainsi, cette fiche de synthèse est un état des lieux des informations et connaissances actuelles concernant la toxicité de la morelle noire, en prenant également en compte quelques informations disponibles sur les pommes de terre, ayant un lien avec la morelle noire.

Description

La morelle noire est une espèce très commune. Annuelle, estivale, toxique et nitrophile, elle est présente sur tous les types de sols. Mésophile très fréquente, souvent abondante, elle colonise l'ensemble des grandes cultures à cycle estival, les vignes, les vergers, les cultures maraîchères et les pépinières. Son abondance la rend généralement nuisible. Les parties vertes de la plante ainsi que les baies non mures sont toxiques (d'où les noms de tue-chien, crève-poule, poison, raisin du diable). La prudence s'impose quant à l'utilisation du maïs ensilage mal désherbé.[9] [10]

Stade plantule

Principaux caractères d'identification

- À tige et feuilles **alternes**
- Axe hypocotylé poilu, violacé
- Cotylédons poilus, à limbe ovale-lancéolé, apiculé
- F1 à F4 ovales, hérissées, ciliées, entières [9]



Morelle noire - *Solanum nigrum*

NE PAS CONFONDRE au stade plantule avec :

Linaire bâtarde et Linaire élatine (*Kickxia spuria*, *Kickxia elatine*)

- Tige très courte et feuilles **opposées**
- Poilue
- Cotylédons moyens, ovales et poilus
- F1 et 2 entières, F3 et 4 denticulées (faiblement pour la linaire élatine), sinuées ou entières



Linaire bâtarde - *Kickxia spuria*

Stade adulte



- Plante assez polymorphe, rarement pérennante
- 10 à 70 cm de hauteur
- Tige anguleuse, creuse, ramifiée, un peu en zig-zag. Elle présente, çà et là, quelques aspérités à base tuberculeuse (poils indurés)
- Feuilles longuement pétiolées, alternes, ovales-allongées, sinuées-dentées à faiblement lobées. Elles sont glabres ou parsemées de quelques poils étalés.



- Fleurs, petites et blanches, à étamines jaunes soudées en tube. Elles sont disposées par 3 à 7 en ombelles.

Fruits



- Baies d'environ 8 mm
 - Vertes puis deviennent noires à maturité (ou plus rarement jaunes ou jaune verdâtre (variété *chlorocarpum*)).
- Remarque : C'est aux fruits assimilés à des petites mûres (en latin *mora*) que l'espèce doit son nom de morelle.

NE PAS CONFONDRE au stade fruit avec :

Encore verts, les fruits sont souvent confondus, après récolte, avec des petits pois en production de légumes pleins champs.



Graines



Couleur : jaune/brun

Forme : ronde/ovale, petite pointe

Surface : rugueuse[11]

Répartition géographique



■ Native ■ Introduced

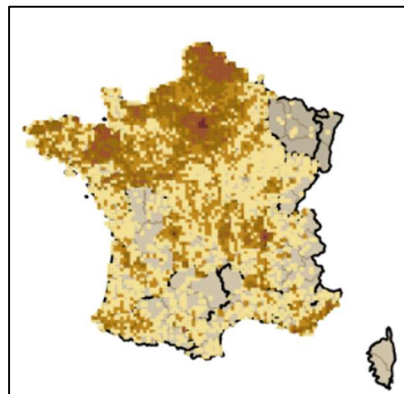


■ Présence de morelle noire
□ Absence de morelle noire ou manque de données

Répartition mondiale de la morelle noire (*Solanum nigrum* L. | Plants of the World Online | Kew Science)

Départements de présence de la morelle noire en France (*Solanum nigrum* L. subsp. *nigrum* - Préservons la Nature (preservons-la-nature.fr))

Les régions du monde apparaissant en **blanc** sur la carte représentant la répartition mondiale de la morelle noire ne signifient pas forcément que celle-ci n'y est pas présente. Il est plus probable que les mesures n'aient **pas été réalisées à cet endroit**.



Répartition Maille 10*10 INPN

■ Moins de 5 observations
■ Entre 5 et 9 observations
■ Entre 10 et 24 observations
■ Entre 25 et 99 observations
■ Plus de 100 observations

Territoires agréments CBN

■ Conservatoire botanique en création
■ Conservatoires botaniques agréés

Répartition en nombre d'observations de la morelle noire en France (SI Observation Flore - *Solanum nigrum* L., 1753 (fcbn.fr))

Les nombres d'observations correspondent soit à une **abondance de la plante**, soit à la **présence de la plante** due à de nombreuses visites et donc enregistrements de la plante à ces endroits-là.

Il n'y a pas de données pour la présence de morelle noire en Alsace, Lorraine ainsi qu'en Corse. Cela ne signifie pas que cette adventice n'y est pas présente.

➤ On ne la trouve pas aux altitudes supérieures à 1500 m.[12]

Cultures concernées

- Toutes cultures de printemps/été[10]: pomme de terre, maïs, tournesol, soja, sorgho, betterave fourragère[13] [10]
- Cultures maraîchères[13]
- Culture de colza en hiver[10]

Types de sol

La morelle noire peut pousser sur tous les types de sol notamment ceux qui sont riches en azote [13] [10], à une altitude inférieure à 1500m, mais elle se développe plus facilement dans les conditions suivantes [12] [10] :

| Texture | pH | Besoins en nutriments | Besoins en ensoleillement |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Argileux (plante argilicole, peu dans les roches) | Basique (plante alcalophile, aime les roches comme le calcaire, le basalte) | Fort (plante nitrophile) | Fort (plante héliophile) |

Cycle

| | J | F | M | A | MAI | J | JUI | AO | S | O | N | D |
|-------------|---|---|---|---|-----|---|-----|----|---|---|---|---|
| Germination | | | | | | | | | | | | |
| Floraison | | | | | | | | | | | | |
| Maturation | | | | | | | | | | | | |

[10] [14]

On peut la retrouver en présence d'autres espèces adventices :

- Datura stramoine (*Datura stramonium*)
- Belle de Nuit (*Mirabilis jalapa*)
- Ortie dioïque (*Urtica dioica*)
- Concombre Sauvage (*Ecballium elaterium*)
- Laiteron Rude (*Sonchus asper*)
- Séneçon vulgaire (*Senecio vulgaris*)
- Amarante réfléchie (*Amaranthus retroflexus*)
- Espèces de chardons, chénopodes et plantains [12]

Nuisibilité : Forte

- Compétition [10]
- Multiplication et croissance rapide (500 graines par plantes) [4] [10]
- Difficulté d'élimination lors du triage de pois et soja [10]

Gestion au champ

Solutions herbicides

| | Tournesol | Maïs | Sorgho | Soja | Pomme de terre | Betterave |
|----------------------|-----------|------|--------|------|----------------|-----------|
| Solutions herbicides | | | | | | |

[10]

Gestion intégrée

| Moyens alternatifs ou complémentaires | Efficacité | Commentaires |
|---------------------------------------|------------|-------------------------------------------------|
| Rotation des cultures | | |
| Faux-semis | | La morelle ne pousse pas en quantité suffisante |
| Décalage de la date de semis | | Peu utilisée |
| Labour | | Nécessité de moyens de lutte complémentaires |
| Herse étrille | | |
| Houe rotative | | |
| Bineuse | | |

[10] [15][13] [12]

Danger

Description

Les glucoalcaloïdes (ou alcaloïdes stéroïdiques[2]) sont des métabolites secondaires et sont des molécules formées par la liaison de 3 à 4 oses avec un aglycone. Cet aglycone est une structure stéroïdique azotée.[2]

Le rôle des GAs au sein de la plante est la défense contre les prédateurs (herbivores, insectes, champignons, bactéries)[12] [2].

Les GAs agissent en inhibant l'acétylcholinestérase, l'enzyme qui clive le neurotransmetteur qu'est l'acétylcholine.

Ils peuvent également agir par la destruction des membranes cellulaires.[16]

Les GAs les plus retrouvés sont **la solasonine et la solamargine**[2] :

Composés d'un aglycone : solasodine

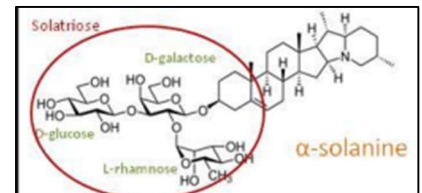
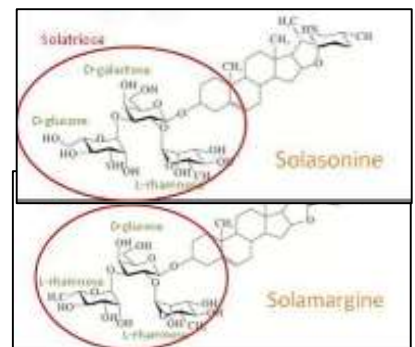
+ Oses :

- **Solasonine** : solatriose (galactose, glucose, rhamnose)
- **Solamargine** : chacotriose (galactose et 2 rhamnoses)[2]

De nombreuses références mentionnent **la solanine**, appartenant au groupe des saponines[17] :

Composé d'un aglycone : solanidine

+ Oses : solatriose (galactose, glucose, rhamnose) [2]



Solamargine + Solasonine [18] < **Solanine**

Toxicité
Concentrations

Solamargine + Solasonine > **Solanine**

[2] [3]

Ci-dessous un tableau issu d'une étude ayant quantifié la **solamargine**, la **solasonine** et la **solanine** dans différentes variétés de *Solanum nigrum* [19] :

Table 1. Concentration of SGA in five taxa of *S. nigrum* complex as determined by HPLC.

| No. | Compound | Concentration (mg/g) in species (Code) | | | | |
|-----|-----------------------|----------------------------------------|------|------|------|------|
| | | SA | SC | SN | SR | SV |
| 1. | β -Solamargine | nd* | 2.53 | 1.69 | 4.78 | 9.8 |
| 2. | α -Solamargine | 1.96 | nd | 5.03 | 1.45 | 1.17 |
| 3. | Solasonine | 3.5 | 4.4 | 5.8 | 2.9 | 2.01 |
| 4. | α -Solanine | 3.29 | 3.08 | 4.7 | 5.7 | 1.5 |

* nd: Not detected.

On voit que les différentes variétés contiennent différentes concentrations pour les GAs étudiés (notamment la solanine).

SA : *Solanum americanum* ; SC : *Solanum chenopodioides* ; SN : *Solanum nigrum* ; SR : *Solanum retroflexum* ; SV : *Solanum villosum*

Bien qu'on parle beaucoup de la **solanine** dans la morelle noire, ce n'est pas la molécule la plus présente au sein de cette plante [3]. La **solasonine** et la **solamargine** sont les molécules majoritaires. Cependant, la **solanine** étant toxique et ayant fait l'objet de plusieurs études d'une part, et la morelle noire **possédant plusieurs sous-espèces à composition variable**, donnant lieu à une potentielle variabilité de toxicité d'autre part, [20], la **solanine** sera également traitée, par précaution.[21]

Les GAs sont présents dans **toute la plante**, surtout dans les **fruits verts**. [4] La **solanine** peut correspondre jusqu'à 2% de la matière sèche de la morelle noire [2]. Les feuilles peuvent en contenir entre 0 et 2% de GAs, et les fruits non mûrs en contiennent en moyenne 1,3%. [20]

De manière générale, les concentrations sont réparties de la manière suivante :

+ Fruits non mûrs > Feuilles > Tige > Fruits mûres -

Le fruit peut se consommer **une fois bien mûr**. En effet, à ce stade bien avancé, il n'y a plus de GAs dans les baies [12] [2].

Propriétés physico-chimiques :

N°CAS de la solanine : 20562-02-1 [22]

N°CAS de la solasonine : 19121-58-5 [23]

| | Masse moléculaire (g/mol)[24] | logKow[24] | pka | Point de fusion (melting point) (°C) |
|------------|-------------------------------|------------|-----------------|--------------------------------------|
| Solanine | 868.07 | 0.62 | 6,66 (15°C)[25] | 286 [22] |
| Solasonine | 884.07 | 0.15 | 12,78±0,70[26] | 301-303[27] |

| | | | | |
|-------------|--------|------|----------------|--------------|
| Solamargine | 868.08 | 1.08 | 12,78±0,70[28] | 278-281 [28] |
|-------------|--------|------|----------------|--------------|

N°CAS de la solamargine : 20311-51-7 [29]

Effets des process et de la conservation

Peu d'études **sont disponibles** sur les **effets des process et de conservation sur les GAs de la morelle noire**. La pomme de terre, qui fait partie du même genre que la morelle noire, est connue pour contenir des GAs. Ainsi, de nombreuses études sont disponibles concernant les GAs des pommes de terre, qu'on retrouve également dans la morelle noire. Plusieurs informations sur ces GAs sont issues de ces études.

| Traitements thermiques : | | Les GAs sont assez résistants à la chaleur. [2] |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ebullition (tomate, pomme de terre, aubergine) | | Réduction de 3% des teneurs en GAs [2] |
| Micro-ondes (tomate, pomme de terre ou aubergine) | | Réduction de 15% des teneurs en GAs [2] |
| Micro-ondes, 750W, 10 min (pomme de terre) | | Réduction des GAs jusqu'à 45% lors d'une étude [30] |
| Cuissons, 10 min, >210°C (tomate, pomme de terre ou aubergine) | | Diminution de 50% des teneurs en GAs [2] |
| Ebullition, blanchiment (pomme de terre) | | Réduction moyenne des GAs de 33% (entre 5% et 65%) (voir tableau ci-dessous) [30] |
| Chauffage de poudre de pomme de terre pendant 2h à plus de 150°C | | Début de dégradation de la solanine . A moins de 150°C, les GAs contenus dans les pommes de terre sont stables. [30] |
| Cuisson des baies | | Destruction d'une grande partie de la solanine des baies[20] |
| Conservation : | | (Pommes de terre) |
| Temps de conservation | | Augmentation de la teneur en GAs[30] |
| Exposition à la lumière | | Augmentation de la teneur en GAs[30] |
| Packaging à faible transmission de lumière | | Plus de GAs sont observés par rapport au packaging à haute transmission. [30] |
| Immersion des pommes de terre dans 0,1 M NaOH, pH 12 | | Réduction de 43% de la solanine . [30] |
| Méthode d'inhibition de la pousse (recouvrement par de la nanosilice hydrophobique, irradiation, addition de composés sulfurés (méthionine, thiamine, ail) | | Réduction des teneurs en GA jusqu'à 60%. [30] |

Tableau résumant les effets du blanchiment et de l'ébullition sur les GAs des pommes de terre

Table 39. Reduction in the total content of total glycoalkaloids (TGA) in *S. tuberosum* tubers as a result of boiling, blanching and/or steaming (as part of a commercial or experimental processing). Note: the reduction is given as the percent reduction in the TGA content after peeling.

| Study ^(a) | Processing step(s) | Number of cultivars | Analytical method | TGA initial content in peeled tuber (mg/kg) | TGA content in cooked tuber (mg/kg) | Reduction in TGA content (%) |
|------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Takagi et al. (1990) | Boiling in water | 3 | HPLC-UV | 91–135 ^(d) | 90–126 ^(d) | 5% Mean of 3 cultivars |
| Mulinacci et al. (2008) | Boiling in water ^(c) | 3 (red- and blue-fleshed) | HPLC-UV | Cultivar 'Kennebec': 46 (fw) 'Vitelotte': 79 (fw) 'Highland Burgundy': 180 (fw) | Cultivar 'Kennebec': 29 (fw) 'Vitelotte': 66 (fw) 'Highland Burgundy': 153 (fw) | 23% Mean of 3 cultivars |
| Ostrý et al. (2010) | Boiling in salted water until edible stage | 3 ^(e) | HPTLC | 117–217 (fw) Across cultivars | 102–180 (fw) Across cultivars | 19% Across cultivars |
| Lachman et al. (2013) | Boiling | 6 | LC-MS/MS | 92.6 (dw) Mean of 6 cultivars | 79.7 (dw) Mean of 6 cultivars | 14% Mean of 6 cultivars |
| Rytel et al. (2018) ^(f) | Blanching of potato strips | 2 (blue-fleshed) | HPLC-UV | Cultivar 'Valfi': 97 (dw) 'Blaue Elise': 63 (dw) | Cultivar 'Valfi': 60 (dw) 'Blaue Elise': 44 (dw) | 34% Mean of 2 cultivars |
| Rytel et al. (2018) ^(f) | Blanching of potato halves | 2 (blue-fleshed) | HPLC-UV | Cultivar 'Valfi': 97 (dw) 'Blaue Elise': 63 (dw) | Cultivar 'Valfi': 79 (dw) 'Blaue Elise': 51 (dw) | 19% Mean of 2 cultivars |
| Rytel et al. (2018) ^(f) | Blanching + steaming of potato halves | 2 (blue-fleshed) | HPLC-UV | Cultivar 'Valfi': 97 (dw) 'Blaue Elise': 63 (dw) | Cultivar 'Valfi': 64 (dw) 'Blaue Elise': 42 (dw) | 34% Mean of 2 cultivars |
| Rytel et al. (2005) | Blanching (2 stage) | 2 | HPLC-UV | Cultivar 'Santana': 127 (dw) 'Innowator': 141 (dw) | Cultivar 'Santana': 55 (dw) 'Innowator': 48 (dw) | 62% Mean of 2 cultivars |
| Pełksa et al. (2006) | Blanching | 2 | HPLC-UV | Cultivar 'Karlana': 101 (dw) 'Saburna': 118 (dw) | Cultivar 'Karlana': 38 (dw) 'Saburna': 37 (dw) | 65% Mean of 2 cultivars |
| Mäder et al. (2009) | Blanching + steam cooking | 1 | HPTLC | 67 (dw) | 34 (dw) | 49% |
| Rytel (2012a) | Blanching | 4 | HPLC-UV | 175 (dw) Mean of 4 cultivars | 126 (dw) Mean of 4 cultivars | 28% Mean of 4 cultivars |
| Rytel (2012a) | Steaming and cooling | 4 | HPLC-UV | 175 (dw) Mean of 4 cultivars | 101 (dw) Mean of 4 cultivars | 42% Mean of 4 cultivars |
| Rytel (2012b) | Blanching + steaming | 1 | HPLC-UV | 81 (dw) | 38 (dw) | 53% |
| Tajner-Czopek et al. (2014) | Blanching | 4 (coloured-fleshed) | HPLC-UV | 25 (fw) Mean of 4 cultivars | - 0 | ~16% Mean of 4 cultivars |

dw: dry weight, fw: fresh weight, LC: liquid chromatography, UV: ultraviolet, MS: mass spectrometry, MS/MS: tandem MS, HR: high resolution, HP: high performance, HPTLC: high performance thin layer chromatography.

(a): Study year is in this case the year of publication.

(b): Study year is 2014–2015.

(c): Experiments were conducted with unpeeled potatoes.

(d): Results were presented for α -solanine and α -chaconine.

(e): A total of 12 samples was tested.

(f): Results provided in figures for α -solanine and α -chaconine.

[30]

Toxicité

Ce serait la chaîne de sucres présente dans les GAs qui serait responsable de leur toxicité.[2]

La plupart des données sur la toxicité des GAs tiennent leur origine d'événements d'intoxication, d'études des GAs de la pomme de terre et de l'aubergine, ou d'études animales dont les résultats sont extrapolés à l'Homme.[2]

Reprotoxicité

Aucune étude n'est aujourd'hui disponible concernant les effets de la morelle noire sur la reproduction chez l'Homme ou chez les animaux de rente. Cependant, des études faites en laboratoires ont été réalisées, dans des contextes d'étude de la toxicité des molécules présentes dans la pomme de terre ou l'aubergine.

Ci-dessous, un tableau résumé de deux études ayant été réalisées sur le caractère reprotoxique de la **solanine** [30]:

| AG | Détail de l'étude | Principaux effets | LOEL* |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Solanine [30] | Rats Wistar Moments d'exposition et doses : -Jours de gestation 6 à 15 Doses : 0 ; 0,3 ; 1 ; 3 mg/kg/j -jours de gestation 7 à 10 Doses : 0 ; 6 mg/kg/j -jours de gestation 8 à 11 Doses : 0 ; 2 ; 10 ; 25 mg/kg/j Mode d'administration : gavage Sacrifice au jour 22 de gestation | Aucun effet | Aucun effet |
| Solanine | 24 Hamsters syriens en gestation Doses : 0,28 mmol/kg = 243 mg/kg/j Mode d'administration : gavage au 8e jour de gestation Sacrifice au jour 15 de gestation | <ul style="list-style-type: none">- ~1/5 de la portée possédant des « anormalités »- 5,5% de foetus anormaux- Augmentation du taux de mortalité des femelles | 243 mg/kg/j |

➤ Il semble que la **solanine** présente une reprotoxicité seulement à doses élevées.


Génotoxicité


Pas de preuve d'une génotoxicité de la **solanine**. [18] Certains tests ont été réalisés, mais aucun n'a permis de conclure assurément sur une génotoxicité ou sur un caractère mutagène de la **solanine**, la **solasonine** et la **solamargine**.

Des screenings des molécules de la morelle noire ont été réalisés afin de déterminer, via leur structure moléculaire, si elles possédaient des effets mutagènes, tumorigènes, reprotoxiques et/ou irritants [24]:

Table 6 Toxicity calculations of *S. nigrum* phytoconstituents versus anticancer drug (doxorubicin HCl) and antibiotic (tetracycline) calculated by Osiris property explorer.

| S.No. | Phytoconstituent name | Mutagenic | Tumorigenic | Reproductive effective | Irritant |
|-------|-----------------------|-----------|-------------|------------------------|----------|
| 1 | Solanidine | None | None | Mild | None |
| 2 | Solasodine | None | None | Mild | None |
| 3 | Alpha-Solanine | None | None | Mild | None |
| 4 | Solasonine | None | None | Mild | None |
| 5 | Solamargine | None | None | Mild | None |

None 

Mild 

Toxicité subaiguë

Pas de toxicité chronique pour les GAs retrouvés dans les pommes de terre et les aubergines, qui sont similaires à ceux retrouvés dans *Solanum nigrum*, d'après l'EFSA[18].

Des études ont été réalisées sur certains GAs dans le contexte d'analyse de GAs des pommes de terre, des tomates et des aubergines. Aucune étude recensant une exposition chronique, n'est disponible, mais on trouve des études subaiguës* pour la **solanine** et la **solasonine** [30] :

| AG | Détail de l'étude | Principaux effets | LOEL |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Solanine [30] | 8 hamsters Golden Syrian Doses: 0 ou 100 mg/kg/j Mode d'administration : gavage Durée : 5 jours, Sexe : F | -Mort de 50% des animaux -Perte de poids -Perte de poids du foie -Baisse de l'albumine et phosphatase alcaline -Augmentation de glucose et créatine dans le sérum -Augmentation des globules rouges | 100 mg/kg/j |
| Solasonine | 8 souris Swiss-Webster Doses : 0 ou 2,4 mmol/kg (424,4 mg/kg/j) Mode administration : alimentation Durée : 7 jours, Sexe : F | Gain de poids | 424,4 mg/kg/j |

Toxicité aiguë

Chez l'Homme

Quelques heures après l'ingestion :

- Problèmes digestifs : douleurs abdominales, vomissements, diarrhées [12] [21]
- Puis des troubles neurologiques : somnolence, tremblement, malaise, mydriase [12] [21] [4]
- Troubles cardio-respiratoires (tachycardie)[12] [4]
- Irritation de la bouche [21]
- Sècheresse des muqueuses [4]
- Hémolyse (effet de la **solanine**) [31]
- A forte dose : syndrome atropinique [2]
- Risque de mort chez l'enfant [21]

Durée des effets : 3 à 6 jours si ingestion de grandes quantités de plantes. Les décès avec pour cause l'ingestion de morelle noire sont rares. [2]

Chez l'animal

De manière générale, les animaux seraient moins sensibles aux GAs que l'Homme.[16]
Les intoxications sont principalement retrouvées chez les bovins, porcins, volailles, après plusieurs jours d'ingestion. Les principaux signes cliniques sont [6]:

- Troubles digestifs : douleurs abdominales, diarrhées, l'animal ne s'alimente plus.

Dans les cas d'intoxication grave :

- Troubles nerveux : tachycardie, et accélération de la respiration
- Affaiblissement
- Anémie hémolytique[6]
- Accumulation de nitrates et de métaux lourds (intoxications bétail). [2]

Toxicocinétique

Chez l'Homme

Les informations concernant la toxicocinétique des GAs contenus dans la morelle noire sont **très limitées**.

Absorption : Peu d'informations, ce qui ne permet pas d'aboutir à une conclusion sur l'absorption des GAs retrouvés dans la morelle noire. [32] La **solanine** serait faiblement absorbée.[33]

Distribution : Concentration maximale de **solanine** dans le sang atteinte au bout de 8h dans deux études cliniques après ingestion de pommes de terre.[30]

Métabolisme : Hydrolyse des GAs supposée, donnant lieu, par exemple à de la solanidine pour la **solanine**. [34] Pas plus d'informations pertinentes supplémentaires pour le métabolisme humain. [30]

Excrétion : Les informations sont contradictoires. On aurait une demi-vie de 21h pour la **solanine**, lors d'une étude clinique où les participants ont ingéré de la purée de pomme de terre. Cette demi-vie est considérée comme longue. [34] (suspicion d'accumulation).

D'autres sources d'informations indiquent que la **solanine** aurait une excrétion rapide, et serait majoritairement éliminée via l'urine et les fèces à 78%, en 24h. [32]

Pas plus d'informations pertinentes supplémentaires sur l'excrétion humaine. [30]

Chez Animal

Le peu d'informations disponibles concernant la toxicocinétique des GAs que l'on retrouve dans la morelle noire concerne les ruminants : conversion de la **solanine** en aglycones. [30]

Transfert vers les matrices d'origine animale

Transfert vers le lait

Faible potentiel de transfert vers le **lait** concernant la solanidine. [30]

En effet une étude aurait montré que l'aglycone de la **solanine**, qui est supposé être un métabolite de celle-ci, n'est pas retrouvé dans le lait de vache, après consommation de pommes de terre contenant ce GAs. [30]

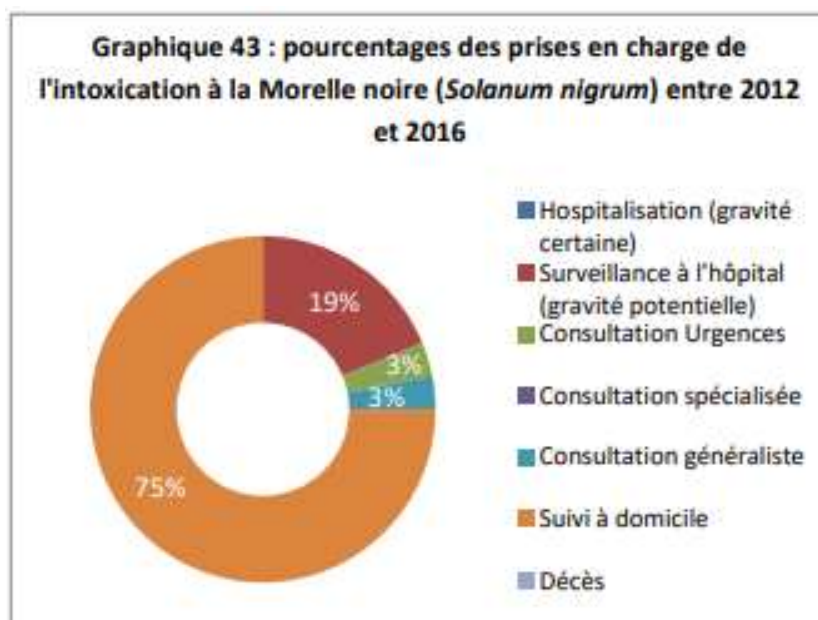
Traitements après intoxication

Si ingestion de plus de 5 baies immatures chez l'Homme, on a recours à des traitements symptomatiques :

- Charbon activé[2]
- Lavage gastrique[2]
- Si apparition de troubles neurologiques, une hospitalisation est conseillée[2] (convulsion, ingestion de diazépam)[32]
- Surveillance cardiaque et respiratoire [32]
- Surveillance en hôpital pendant au moins 24h [32]

Si les fruits de la morelle noire ingérés sont mûrs, la vigilance ainsi qu'une consultation médicale sont tout de même conseillées.[2]

Une étude sur les intoxications à la morelle noire a été effectuée entre 2012 et 2016, donnant les résultats suivants [2] :



75% des prises en charge ont eu lieu à domicile, ce qui peut refléter une faible gravité des intoxications à la morelle noire.

Doses

La morelle noire présentant une grande diversité de sous-espèces, les doses toxiques ou mortelles peuvent ainsi être très variables. Ainsi, les informations reportées représentent ce qui a été observé de manière générale. [2]

Pour l'Homme

LOAEL* : **1 mg/kg/j** (Pour les GAs des pommes de terre, calculé à partir d'expositions aiguës) [18]

$$\text{MoE}^* = \frac{\text{LOAEL}}{\text{Exposition}} \text{ ó } \text{Exposition} = \frac{\text{LOAEL}}{\text{MoE}} = \frac{1 \text{ mg/kg}}{1000} = \mathbf{0,001 \text{ mg/kg/j.}} \text{ [18]}$$

La dose d'exposition afin de connaître une certaine certitude de ne pas avoir d'effets négatifs serait donc de **0,001 mg/kg/j.**

On prend une MoE de $10 \times 100 = 1000$:

10 : prise en compte de la variabilité interindividuelle et extrapolation de la LOAEL vers une NOAEL*

100 : prise en compte du manque d'informations

| | |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Doses létales | <ul style="list-style-type: none"> - Entre 3 et 6 mg/kg pour les GAs de pommes de terre[30] - 420 mg de solanine [31] |
| Doses toxiques | <ul style="list-style-type: none"> - A partir de 1 mg de GAs/kg [30] - 2,8 mg de solanine/kg[32] (ou entre 2 et 5 mg de solanine /kg[31]) - Entre 5 et 10 baies : symptômes moins graves, tels que des troubles digestifs - Plus de 10 baies : symptômes plus graves |

Pour l'animal

Une fois de plus, les informations concernant les doses toxiques chez les animaux manquent, mais quelques études sur les GAs des pommes de terre ont été effectués concernant les bovins.

| | Doses toxiques |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Morelle noire | <ul style="list-style-type: none"> - 2 pieds de morelle noire/m² en ensilage pour les bovins [35] - Si morelle = 10-15% du poids frais de l'ensilage pour les bovins. [6] |
| GAs | <ul style="list-style-type: none"> - Toxicité aiguë à partir de 40 mg/kg chez les moutons et les vaches, mais taille de l'échantillon trop faible pour conclure sur une dose de référence.[30] - 3-25 g de solanine pour 100 kg de fourrage chez les bovins. [6] |

Exposition

Homme

Les intoxications à la morelle noire et les molécules qu'elle contient sont dues à une exposition **orale**. [32] Les intoxications surviennent le plus souvent **chez les enfants**. Elles peuvent avoir lieu lors de confusion des baies de morelle noire avec des baies comestibles, ou lors de l'ingestion de produits dont la morelle noire est l'objet de contamination.[2]

C'est une plante toxique, mais qui peut tout de même être cuisinée et mangée. [12]

Où trouve-t-on la morelle noire ?

- La morelle noire est présente dans les **cultures légumières**.
- Les consommateurs peuvent être exposés à la morelle noire via les légumes, tels que les pois, les haricots (difficulté de nettoyage des baies de morelle noire après récolte en usine) [4] [2], ou encore le maïs [6].

Un tableau résumant les alertes de morelles noires dans l'alimentation, dans différents pays a été réalisé par l'EFSA, lors d'une publication datant de 2020 [34] :

Table F.1: Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) reports on the presence of *Solanum nigrum* in food products

| Product category | Date | Reference | Product type | Notification type | Notification basis | Notified by | Countries concerned | Subject | Action taken | Distribution status | Risk decision |
|---------------------------------------------------|----------|-----------|--------------|---------------------------|--------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------------|---------------|
| Dietetic foods, food supplements, fortified foods | 9-5-2018 | 2018.1276 | Food | Information for follow-up | Official control on the market | Poland | Cyprus (D), Germany (D), Greece (D), India (O), Italy (D), Latvia, Poland (D), Romania (D), Slovenia (D), Spain | Solanum nigrum and unauthorised novel food ingredients Cassia occidentalis, Achillea millefolium and Tamarix gallica in food supplement from India, via Latvia and via Spain | | Distribution to other member countries | Undecided |
| Dietetic foods, food supplements, fortified foods | 9-5-2018 | 2018.1278 | Food | Information for follow-up | Official control on the market | Poland | Austria (D), Bulgaria (D), Cyprus (D), France (D), Germany (D), Greece (D), India (O), Italy (D), Latvia, Lithuania (D), Poland (D), Portugal (D), Romania (D), Slovakia (D), Slovenia (D), Spain (D), United Kingdom (D) | Solanum nigrum and unauthorised novel food ingredients Cassia occidentalis, Achillea millefolium and Tamarix gallica in food supplement from India, via Latvia and via Spain | | Distribution to other member countries | Undecided |

| | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------|------------|-----------|------|------------------|---------------------------------------|----------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------|-----------|
| Dietetic foods, food supplements, fortified foods | 6-3-2015 | 2015.AKE | Food | Border rejection | Border control – consignment detained | Portugal | India (O), Portugal | Unauthorised placing on the market (Solanum nigrum, Sida cordifolia Operculina turpethum and Nepeta hindostana) of food supplements from India | Import not authorised | Product not (yet) placed on the market | Undecided |
| Fruits and vegetables | 7-6-2013 | 2013.0804 | Food | Alert | Official control on the market | Germany | Germany (D), Netherlands (O) | Solanum nigrum (black nightshade) in young green beans from the Netherlands | Recall from consumers | Distribution restricted to notifying country | Serious |
| Fruits and vegetables | 18-2-2004 | 2004.086 | Food | Alert | Consumer complaint | France | Belgium (O), France (D) | Foreign body (50 green solanum nigrum in 2 samples) in frozen green beans | Product recall or withdrawal | | Undecided |
| Fruits and vegetables | 6-11-1985 | 1985.15 | Food | Alert | | Germany | Germany, Netherlands (O) | Solanum nigrum (Berries of solanum nigrum) in beans – canned | | | Undecided |
| Fruits and vegetables | 13-10-1982 | 1982.07 | Food | Alert | | Italy | Belgium (O), Italy | Solanum nigrum in Green beans – quick-frozen | | | Undecided |

Animal

Les intoxications du bétail ont lieu par voie orale également, mais sont assez rares concernant l'ingestion direct de *Solanum nigrum*, dues à son odeur et son goût désagréables.

La morelle noire pourrait cependant être responsable d'intoxication si elle est retrouvée dans le **foin ou l'ensilage, destinés à leur alimentation.**[30]

Il y a d'autres formes d'exposition aux GAs que la morelle noire, comme la consommation de pommes de terre. Lorsqu'elles sont destinées à la nourriture animale, les animaux peuvent donc être exposés à ces molécules.[34]

Réglementation

Il n'y a aucune réglementation ou recommandation concernant la teneur en morelle noire dans les récoltes.

Cependant, d'après les **décisions** respectives **n°87 et n°65 du CTCPA** sur les conserves de petits pois et de flageolets, il y a une tolérance de **deux baies de morelle noire par kg de produits égouttés**. [36] [37]

Il existe également des **recommandations** concernant les GAs des pommes de terre :

- D'après la recommandation (UE) 2022/561 de la commission du 6 avril 2022, un niveau indicatif de la somme de **solanine** et chaconine dans les pommes de terre et produit dérivés est de 100mg/kg. [38]
- D'après le règlement d'exécution (UE) 2017/2470 de la commission du 20 décembre 2017, le contenu en GAs devrait être inférieur ou égale à 150 mg/kg dans les protéines de pomme de terre coagulées et leurs hydrolysats. [39]

Mesure de gestion

Aux champs

- Se référer à la partie gestion **au champ** [15]

En usine

Système de détection :

- Trieur optique
- Contrôle visuel

Méthodes d'analyses

Afin d'analyser les GAs présents dans la morelle noire, ou toute autre plante du genre *Solanum*, il convient de faire une extraction, puis une purification, avant d'effectuer une analyse quantitative et qualitative. [16]

Extraction

L'extraction se fait sur plante **sèche**.

Les solvants d'extraction les plus couramment utilisés sont des solutions aqueuses peu acides, ou des solvants polaires organiques, à température ambiante, dans lesquels les GAs sont connus pour être solubles. Dans ces conditions, on empêche le plus possible l'hydrolyse de ces molécules à cette phase-là des manipulations. [16]

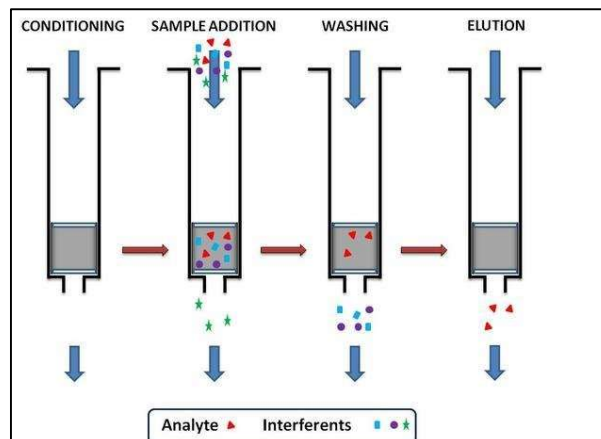
Quelques exemples de solvants d'extraction [16] :

- Acétonitrile
- Méthanol (peut être mélangé à du chloroforme)
- Ethanol
- Propanol
- Chloroforme
- Benzène

Les GAs contenant de la **solasodine** sont extraits à l'aide d'alcools ou d'acides aqueux.

Purification

La purification sur phase solide (SPE) est la principale méthode de purification des GAs utilisée d'après la littérature. [16]



Extraction sur phase solide[40]

Analyse

Pour l'analyse des GAs, la chromatographie liquide, mais aussi la chromatographie gazeuse et l'électrophorèse capillaire, qui sont des techniques séparatives, sont les plus utilisées. Elles peuvent être couplées à la **spectrométrie de masse**, et permettre ainsi la **séparation et l'identification** des GAs des plantes du genre *Solanum*. [16]

Étant donné ses nombreux avantages (sensibilité, détection des GAs et de leur aglycone), c'est la chromatographie liquide à haute performance (**HPLC**) en phase inverse* qui est la méthode la plus souvent utilisée pour l'analyse des GAs du genre *Solanum*.

- La phase mobile est souvent composée d'un solvant organique ainsi que d'une solution tampon aqueuse.

Autres méthodes

Résonnance magnétique nucléaire (**RMN**) : permet de retrouver la structure des molécules. [16]

Recommandations

D'après la recommandation (UE) 2022/561 de la commission du 6 avril 2022 sur la surveillance de la présence de GAs dans les pommes de terre et les produits dérivés de la pomme de terre, la chromatographie en phase liquide couplée à un détecteur UV à barrettes de photos diodes, ou à un spectromètre de masse est recommandé. La limite de quantification (LoQ) préconisée doit être inférieure à **5 mg/kg** [41].

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...)[66]

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 [66]

Recommandations

- Davantage d'études sur le **contenu en GAs** de la morelle noire et des différentes sous-espèces sont nécessaires.
- Des études chez l'Homme et l'animal sur la **toxicité, la toxicocinétique et les doses toxiques** des GAs que l'on retrouve dans la morelle noire ainsi que leurs métabolites, sont également indispensables afin de mieux évaluer les risques et les prévenir. Des précisions sur les périodes de croissance où la morelle noire est la plus toxique seraient également utiles.
- Davantage d'études sur les **transferts de ces molécules vers les matrices animales ainsi que les effets des process** sur ces molécules aideraient à réduire les risques d'exposition.

Tableau récapitulatif

| | |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Occurrence | Plante annuelle |
| Cultures concernées | Cultures printemps/été (pomme de terre, maïs, tournesol, soja...) Cultures maraichères |
| Cycle | Germination, floraison, maturation entre avril et novembre |
| Nuisibilité | Forte Compétition avec les cultures, forte multiplication et croissance Elimination compliquée dans les récoltes de petits pois et de soja |
| Danger | Glucoalcaloïdes (GAs) : Solasonine, solamargine, solanine |
| Toxicité | Toxicité aiguë Homme : Troubles digestifs, troubles neurologiques, troubles cardiorespiratoires, hémolyse, risque de mort chez l'enfant. Animal (bovins, porcins, volailles) : troubles digestifs, troubles nerveux, affaiblissement, anémie hémolytique (bovins, porcins, volailles) |
| Transfert vers les matrices animales | Faible potentiel de transfert vers le lait |
| Traitements | Traitements symptomatiques : charbon activé, lavage gastrique, diazépam, surveillance |
| Doses | Homme : LOAEL : 1 mg/kg/j (Dose d'exposition estimée afin de ne pas avoir d'effets négatifs : 0,001 mg/kg/j) 420 mg de solanine est létale Animal : 2 pieds de morelle noire/m² en ensilage ou 10% du poids frais de l'ensilage. 3-25g de solanine pour 100 kg de fourrage |
| Exposition | Alimentation Homme : ingestion de baies (surtout chez les enfants), présence possible de ces baies dans des lots de légumes tels que les petits pois. Animal : Si présence de morelle noire dans leur alimentation (foin, ensilage) |
| Réglementation | Pas de réglementation concernant la morelle noire. Décision n°87 et n°65 du CTCPA sur les conserves de petits pois et flageolets : tolérance de 2 baies de morelle noire par kg |
| Méthodes d'analyse | <u>Extraction</u> : alcool <u>Purification</u> : SPE <u>Analyse</u> : HPLC (ou GC ou électrophorèse capillaire) + spectrométrie de masse |

Références

- [1] Morelle noire. Wikipédia 2023.
- [2] Rey-Giraud G. CONTRIBUTION A L'ETUDE CHIMIQUE ET TOXICOLOGIQUE DE SOLANACEES RESPONSABLES D'APPELS AU CENTRE ANTIPOISON ET DE TOXICOVIGILANCE DE TOULOUSE n.d.
- [3] Yuan B, Byrnes D, Giurleo D, Villani T, Simon JE, Wu Q. Rapid screening of toxic glycoalkaloids and micronutrients in edible nightshades (*Solanum* spp.). *Journal of Food and Drug Analysis* 2018;26:751–60. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2017.10.005>.
- [4] fiche unilet.pdf n.d.
- [5] Conner HW. EFFECT OF LIGHT ON SOLANINE SYNTHESIS IN THE POTATO TUBER. *Plant Physiol* 1937;12:79–98.
- [6] Avis_ances_PSPC_Ambroisie_Datura_autres impuretes_alimentation animale_2016.pdf n.d.
- [7] Rappel Consommateur - Détail petit pois doux Bio surgelé SAINT ELOI n.d. <https://rappel.conso.gouv.fr/fiche-rappel/9034/Interne> (accessed June 5, 2023).
- [8] naturelle M national d'Histoire. *Solanum tuberosum* L., 1753 - Pomme de terre, Morelle tubéreuse. *Inventaire National du Patrimoine Naturel* n.d. https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/124125 (accessed June 5, 2023).
- [9] Mamarot J, Rodriguez A. Mauvaises herbes des cultures. Acta Edition. Acta Edition; 2014.
- [10] Morelle noire n.d. <https://www.infloweb.fr/morelle-noire> (accessed April 20, 2023).
- [11] Keepeek - Détail média n.d. https://mediatheque.geves.fr/geves/media?mediaTitle=title_Solanum+nigrum+L.&mediaId=3200 (accessed August 4, 2023).
- [12] RODRIGUEZ R. Morelle Noire (*Solanum nigrum*) Plante Toxique et Comestible. *Monde Végétal* 2021. <https://monde-vegetal.fr/morelle-noire/> (accessed April 20, 2023).
- [13] dm-brochure-adventices_6_ete.pdf n.d.
- [14] Hypp : encyclopédie en protection des plantes - Biologie de la plante n.d. <http://ephytia.inra.fr/fr/C/17701/Hypp-encyclopedie-en-protection-des-plantes-Biologie-de-la-plante> (accessed April 20, 2023).
- [15] Morelle noire n.d. <https://www.infloweb.fr/morelle-noire> (accessed May 16, 2023).
- [16] Al Sinani SSS, Eltayeb EA. The steroidal glycoalkaloids solamargine and solasonine in *Solanum* plants. *South African Journal of Botany* 2017;112:253–69. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.06.002>.

- [17] WAUGH WF. SOLANIN. Journal of the American Medical Association 1906;XLVII:1479–82. <https://doi.org/10.1001/jama.1906.25210180055001n>.
- [18] Risk assessment Solanum niger berries in peas (morelle).pdf n.d.
- [19] Mohy-Ud-Din A, Khan Z-U-D, Ahmad M, Kashmiri MA. CHEMOTAXONOMIC VALUE OF ALKALOIDS IN SOLANUM NIGRUM COMPLEX n.d.
- [20] Morelle noire n.d. <https://www.sfm.uqam.ca/toxin/PLANTES/MONOPLAN/MORELLE0.HTM> (accessed May 25, 2023).
- [21] Solanum nigrum L. Toxiplante n.d. https://www.toxiplante.fr//monographies/morelle_noire.html (accessed April 20, 2023).
- [22] PubChem. Solanine n.d. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/262500> (accessed May 15, 2023).
- [23] PubChem. Solasonine n.d. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/119247> (accessed May 16, 2023).
- [24] Ahmad R. Steroidal glycoalkaloids from *Solanum nigrum* target cytoskeletal proteins: an *in silico* analysis. PeerJ 2019;7:e6012. <https://doi.org/10.7717/peerj.6012>.
- [25] ALPHA-SOLANINE---Chemical Information Search n.d. https://www.chemicalbook.com/ProductList_en.aspx?kwd=Solanine (accessed May 15, 2023).
- [26] SOLASONINE CAS#: 19121-58-5 n.d. https://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB3274987_EN.htm (accessed May 15, 2023).
- [27] SOLASONINE---Chemical Information Search n.d. https://www.chemicalbook.com/ProductList_en.aspx?kwd=Solasonine (accessed May 15, 2023).
- [28] solamargine | 20318-30-3. ChemicalBook n.d. https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB7547474.htm (accessed May 12, 2023).
- [29] PubChem. Solamargine n.d. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/73611> (accessed May 16, 2023).
- [30] contam-consultation-Glycoalkaloids-feed-food.pdf n.d.
- [31] Solanine : définition illustrée 📷 et explications. AquaPortail n.d. <https://www.aquaportail.com/definition-5637-solanine.html> (accessed May 3, 2023).
- [32] Solanum nigrum L. (PIM 501) n.d. <https://inchem.org/documents/pims/plant/solanum.htm#SectionTitle:7.3%20Carcinogenicity> (accessed May 22, 2023).

- [33] Dalvi RR, Bowie WC. Toxicology of solanine: an overview. *Vet Hum Toxicol* 1983;25:13–5.
- [34] EFSA Risk assessment of glycoalkaloids in feed and food in particular in potatoes and potato-derived.pdf n.d.
- [35] interagit.pdf n.d.
- [36] D87-petits-pois-2001-Anx.pdf n.d.
- [37] D65-flageolets-2009-Anx.pdf n.d.
- [38] EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), Schrenk D, Bignami M, Bodin L, Chipman JK, del Mazo J, et al. Risk assessment of glycoalkaloids in feed and food, in particular in potatoes and potato-derived products. *EFS2* 2020;18. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6222>.
- [39] PDF.pdf n.d.
- [40] 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).
- [41] EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), Schrenk D, Bignami M, Bodin L, Chipman JK, del Mazo J, et al. Risk assessment of glycoalkaloids in feed and food, in particular in potatoes and potato-derived products. *EFS2* 2020;18. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6222>.