

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMARI DE TIZI OUZOU

FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET AGRONOMIQUES



THESE

Présentée

Par Abdelkader Morsli

En vue de l'obtention du Diplôme

De Doctorat en Sciences Agronomiques

Caractérisation de la diversité génétique de  
quelques espèces de *Datura* L. en Algérie

Devant le jury composé de :

M. Meddour Rachid	Maitre de conférences, U.M.M. Tizi Ouzou	Président
M. Khelifi Lakhdar	Professeur, E.N.SA, El Harrach	Directeur de thèse
M.Derridj Arezki.	Professeur, U.M.M, Tizi Ouzou	Co- Directeur de thèse
M. Abdelkrim Hacène.	Professeur, E.N.S.A, El Harrach	Examineur
M. Boudjeniba Messaoud.	Professeur, E.N.S, Kouba	Examineur
M <sup>me</sup> Krouchi Fazia.	M.C.A, U.M.M, Tizi Ouzou	Examinatrice

Soutenu publiquement le 23 / 06 /2013

## Dédicaces

---

*A la mémoire de mon très cher  
père  
qui a tant attendu ce jour.*

*A ma très chère et tendre mère,  
qui m'a toujours soutenu et aidé.*

*A ma Chère femme et mes  
Enfants :  
Naila et Nazim.*

*A mes Frères et sœurs  
qui n'ont cessé de me soutenir*

*A mes belles sœurs ;  
Mes neveux et mes nièces.*

*A mon beau frère.*

*A ma belle famille*

*Mokhtari*

## Remerciements

---

Avant tout, je remercie, Dieu tout puissant de m'avoir guidé durant toutes ces années et m'avoir permis de réaliser mon rêve et celui de mes parents et de ma petite famille.

Je remercie Monsieur le Professeur Khelifi Lakhdar, Directeur du Laboratoire de Recherche des Ressources Génétiques et Biotechnologies (LRGB -ENSA), mon Directeur de Thèse, qui a suivi ce travail avec beaucoup d'intérêts, qu'il trouve ici l'expression de toute ma reconnaissance et ma gratitude pour sa gentillesse, ses précieux conseils, son aide et surtout pour sa disponibilité malgré ses nombreuses charges, et dans des moments difficiles, encore merci.

Je tiens aussi à remercier, mon Co - Directeur de thèse, le Professeur Derridj Areski., Doyen à l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, pour ses conseils et ses encouragements, qu'il trouve ici toute ma reconnaissance et mon profond respect.

Je suis particulièrement honoré de la présidence du Jury de Monsieur Docteur Meddour Rachid, de l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, qu'il accepte mes sincères remerciements.

Mes remerciements les plus sincères vont également à Mr le Professeur Abdelkrim Hacène. de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique (E.N.S.A – El Harrach), à M. le Professeur. Boudjeniba Messaoud, de l'Ecole Normale Supérieure (E.N.S6 Kouba) et Dr. Krouchi Faiza, de l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, qui ont bien voulu accepter de participer au jury

J'adresse Mes remerciements les plus profonds :

A Mr Lellouchi Mohamed, Ingénieur au département de foresterie, qui m'a accompagné durant toutes les sorties de prospection, réalisées en été 2006, dans des conditions parfois difficiles. Merci Moh !

A Madame Khelifi- Slaoui M., Professeur à l'E.N.S.A, pour la relecture et les corrections apportées au document final.

Aux enseignants de l'E.N.S.A, qui n'ont cessé de m'encourager en particulier : Pr. Abdelguerfi A., Dr. Boubaker Z., Dr.Sbabdji M., Pr.Bellatreche M., Dr. Oldache E.H., M.Benmessaoud K., Dr. Kadid Y., M<sup>me</sup> Ziki, M. Omari C., Dr. Belarbi B., et M.Meddour H.

Mes vifs remerciements au personnel technique du département du département de foresterie et Protection de la Nature et du laboratoire L.R.G.B : Djamila, Zahia, Rachida, Fatiha, Kheira, Mourad et Yahia

A Monsieur Amdoune R., Maitre de Recherche (I.N.R.F – Bainem), pour son aide et ses conseils et surtout de m'avoir aidé à connaître les Daturas lors de mes premières sorties sur le terrain.

A tous les chercheurs du laboratoire de Recherche (L.R.G.B-E.N.S.A) en particulier mes étudiants : Bakiri N., Chelliout M., Lounis T. et kadid Z.

Je ne saurais terminer sans remercier ma famille pour son soutien en particulier mes chères sœurs Amel et Samira. Un grand merci à mes frères, mes belles sœurs. Un merci particulier à ma femme pour m'avoir soutenu dans des moments difficiles et encouragé pour finaliser ce travail.

A tous ceux qui m'ont aidé à accomplir ce travail qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification systématique et synonymes dans le genre <i>Datura</i> .	6
Tableau 2 : Différentes provenances de <i>Datura stramonium</i> prospectées en Algérie.	25
Tableau 3: Différentes provenances de <i>Datura inoxia</i> prospectées en Algérie.	25
Tableau 4 : Provenances de <i>Datura ferox</i> et génotype indéterminé prospectés en Algérie.	25
Tableau 5 : Protocole suivi pour la germination de <i>Datura</i> sp.	28
Tableau 6 : Données climatiques pour la période de Mai à Septembre 2007	29
Tableau 7 : Caractéristiques physico-chimiques du sol de la parcelle expérimentale :	29
Tableau 8 : Paramètres biométriques mesurés	31
Tableau 9 : Evaluation de la moyenne, écart-type et coefficient de variation des caractères morphobiométriques des provenances de <i>D. stramonium</i>	49
Tableau 10 : Evaluation de la moyenne, écart-type et coefficient de variation des caractères morphobiométriques des provenances de <i>D.inoxia</i>	50
Tableau 11 : Résultats de l'analyse de la variance des caractères biométriques (plantes, capsules et graines) des 12 provenances de <i>D. stramonium</i>	51
Tableau 12 : Résultats de l'analyse de la PPDS des caractères morphobiométriques des plants issus des provenances de <i>D. stramonium</i>	52
Tableau 13 : Résultats de l'analyse de la PPDS des caractères morphobiométriques des capsules et des graines des provenances de <i>D. stramonium</i> -	54
Tableau 14 : Groupe des provenances de <i>Datura stramonium</i> issus de la classification hiérarchique	58
Tableau 15 : Résultats de l'analyse de la variance des caractères biométriques (plantes, capsules et graines) des 11 provenances de <i>D. inoxia</i>	59
Tableau 16: Résultats de l'analyse de la PPDS des caractères morphobiométriques des plants et des fleurs issus des provenances de <i>D.inoxia</i>	60
Tableau 17 : Résultats de l'analyse de la PPDS des caractères morphobiométriques des capsules et des graines des plants issus des provenances de <i>D.inoxia</i>	61
Tableau 18 : Contribution des variables à la constitution des Axes F1 et F2	62
Tableau 19 : Contribution des variables selon les axes de l'ACP (F1, F2)	63
Tableau 20 : Agrégation des provenances de <i>Datura inoxia</i> issus de la classification hiérarchique	67
Tableau 21: Résultats de l'analyse de la variance des caractères morphobiométriques des plants de l'ensemble des espèces et de leurs provenances	68
Tableau 22 : Résultats de l'analyse de la PPDS des caractères morphobiométriques des plants de l'ensemble des espèces et de leurs provenances	70
Tableau 23 : Résultats de l'analyse de la variance des caractères morphobiométriques des capsules et des graines des plants de l'ensemble des espèces et de leurs provenances	72
Tableau 24 : Contribution des variables à la constitution des Axes F1 et F2	73
Tableau 25 : Contribution des variables selon les axes de l'ACP (F1, F2)	73
Tableau 26 : Variation des teneurs moyennes en alcaloïdes (hyoscyamine, scopolamine et totaux) en fonction des provenances de <i>Datura stramonium</i> étudiées	77
Tableau 27 : Variation des teneurs moyennes en alcaloïdes (hyoscyamine, scopolamine et totaux) en fonction des provenances de <i>Datura inoxia</i> étudiées	78
Tableau 28: Variation des teneurs moyennes en alcaloïdes (hyoscyamine, scopolamine et totaux) en fonction des provenances de <i>Datura</i> sp	79

## Liste des figures

Figure 1 : Voies hypothétiques d'expansion des <i>Datura</i> dans le monde	5
Figure 2 : Morphologie de <i>Datura stramonium</i> : Port, fleurs, capsules et graines (Photos Morsli)	8
Figure 3 : Morphologie de <i>Datura innoxia</i> : port, fleurs, capsules et graines (Photos Morsli)	10
Figure 4 : Morphologie de <i>Datura ferox</i> : port, fleurs, capsules et graines (Photo Morsli)	12
Figure 5 : Les différents trisomiques chez <i>Datura stramonium</i> L. Blakeslee, 1934)	14
Figure 6 : Voies de biosynthèse des alcaloïdes tropaniques de <i>Datura</i> sp	16
Figure 7 : Carte de localisation des provenances algériennes de <i>Datura stramonium</i> ayant fait l'objet de l'étude (selon la carte de répartition des secteurs bioclimatiques de Quézel & Santa, 1962).	26
Figure 8 : Carte de localisation des provenances de <i>Datura innoxia</i> , <i>ferox</i> et Génotype indéterminé (Gind) ayant fait l'objet de l'étude (selon la carte de répartition des secteurs bioclimatiques de Quézel & Santa, 1962).	26
Figure 9 : Parcelle expérimentale selon un dispositif en randomisation	30
Figure 10: Morphologie des <i>Datura</i> (A : <i>Datura stramonium</i> , B : génotype indéterminé, C : <i>Datura ferox</i> ). Aspects des Feuilles, des fleurs et des capsules ;	37
Figure 11 : Illustration de la présence de <i>Datura stramonium</i> dans des stations écologiquement différentes	38
Figure 12 : Illustration de la présence de <i>Datura innoxia</i> dans des stations écologiquement différentes	39
Figure 13 : Variation du pourcentage de germination des graines de <i>Datura stramonium</i> (Provenance de Frine) en fonction du temps et de la scarification aux températures de A : 20°C ; B : 27°C et C : 30°C	41
Figure 14 : Variation du pourcentage de germination à 27 °C des graines de <i>Datura stramonium</i> en fonction des provenances et de la scarification	42
Figure 15 : Variation du pourcentage de germination des graines de <i>Datura innoxia</i> (Provenance de Guerouaou) en fonction du temps et de la scarification aux températures de A : 20°C ; B : 27°C et C : 30°C	44
Figure 16 : Variation du pourcentage de germination à 27 °C des graines de <i>Datura innoxia</i> en fonction des provenances et de la scarification	45
Figure 17: Variation du pourcentage de germination des graines de <i>Datura ferox</i> (Provenance de Ain Témouchent) en fonction du temps et de la scarification aux températures de A : 20°C ; B : 27°C et C : 30°C	47
Figure 18 : Variation du pourcentage de germination à 27 °C des graines de toutes les provenances de <i>Datura</i> en fonction des provenances et de la scarification	48
Figure 19 : Analyse en composantes principales portant sur les caractères morphologiques et biochimiques des 12 provenances de <i>Datura stramonium</i> (axes 1-2).	55
Figure 20 : Analyse factorielle discriminante des 12 provenances de <i>D. stramonium</i> .	57
Figure 21 : Dendrogramme de distance entre les provenances de <i>Datura stramonium</i> issus de l'analyse hiérarchique basée sur les données biométriques	57
Figure 22: Analyse en composantes principales des 11 provenances de <i>Datura innoxia</i> (axes 1-2).	63
Figure 23: Analyse factorielle discriminante des 11 provenances de <i>D. innoxia</i>	65
Figure 24: Dendrogramme de distance entre les provenances de <i>Datura innoxia</i> issus de l'analyse hiérarchique basée sur les données biométriques	67
Figure 25 : Analyse en composantes principales des 25 provenances de <i>Datura stramonium</i> , <i>D. innoxia</i> , <i>D. ferox</i> et le génotype indéterminé (axes 1-2).	74
Figure 26 : Analyse factorielle discriminante des 25 provenances de <i>Datura stramonium</i> , <i>D. innoxia</i> , <i>D. ferox</i> et le génotype indéterminé (Gind)	75
Figure 27 : Dendrogramme de distance entre les provenances de <i>Datura stramonium</i> , <i>D. innoxia</i> , <i>D. ferox</i> et le génotype indéterminé(Gind) issus de l'analyse hiérarchique basée sur les données biométriques	76
Figure 28: Variation de la teneur moyenne en Hyoscyamine/scopolamine en fonction des espèces de <i>Datura</i> sp.	80
Figure 29 : Corrélation entre teneur en Hyoscyamine et teneur en scopolamine <i>Datura stramonium</i> et <i>D. innoxia</i> (chaque point représente une provenance)	80

## SOMMAIRE

Liste des tableaux.....	I
Liste des figures.....	II
Introduction.....	1
Synthese bibliographique.....	3
1. Présentation du genre <i>Datura</i> L. ....	4
1.1. Origine et répartition dans le monde et en Algérie .....	4
1.2. Position systématique des espèces du genre <i>Datura</i> L .....	5
1.3. Noms vernaculaires des <i>Datura</i> .....	7
1.4. Hybrides dans le genre <i>Datura</i> .....	7
2. Présentation des <i>Datura</i> objets de la présente étude.....	7
2.1. <i>Datura stramonium</i> L.....	7
2.2. <i>Datura inoxia</i> Mill. ....	9
2.3. <i>Datura ferox</i> L. ....	11
2.4. Exigences de la culture des <i>Datura</i> .....	11
2.5. Intérêts écologiques des <i>Datura</i> .....	13
3. Caractérisation de la diversité génétique des <i>Datura</i> .....	13
3.1. Marqueurs morphologiques .....	13
3.2. Marqueurs biochimiques .....	13
3.3. Marqueurs cytogénétiques.....	14
4. Alcaloïdes tropaniques chez <i>Datura</i> . ....	15
4.1. Biosynthèse des alcaloïdes .....	15
4.2. Diversité des alcaloïdes chez <i>Datura</i> . ....	17
4.3. Propriétés physiologiques et usage des alcaloïdes tropaniques.....	18
4.4. Intoxications par les <i>Datura</i> dans le monde et en Algérie. ....	19
4.5. Actions des facteurs écophysologiques sur la composition alcaloïdiques des plantes .....	20

4.6. Production d'alcaloïdes dans le monde et en Algérie .....	21
4.7. Extraction.....	21
4.8. Dosage et identification.....	22
Matériels et Méthodes .....	23
1. Prospection .....	24
2. Matériel végétal, levée de dormance et germination des graines.....	27
3. Culture en plein champ.....	28
3.1. Mise en place de l'essai de caractérisation en plein champs.....	28
3.2. Entretien de l'essai : .....	31
4. Caractères biométriques retenus.....	31
5. Caractérisation biochimique .....	32
5.1. Matériel végétal utilisé .....	32
5.2. Extraction des alcaloïdes .....	32
5.3. Dosage des alcaloïdes.....	32
6. Analyses statistiques .....	33
6.1 Analyses de la variance et comparaison des moyennes .....	33
6.2. Analyses multivariées.....	33
Resultats et Interpretations.....	36
1. Résultats de la prospection .....	36
1.1. <i>Datura stramonium</i> .....	37
1.2. <i>Datura inoxia</i> .....	38
1.3. <i>Datura ferox</i> .....	39
2. Etude de la germination des graines de <i>Datura</i> .....	39
2.1. Germination des graines de <i>Datura stramonium</i> .....	39
2.2. Germination des graines de <i>Datura inoxia</i> .....	42
2.3. Germination des graines de <i>Datura ferox</i> .....	45

2.4. Comparaison des taux de Germination des graines des 3 espèces de <i>Datura</i> et du génotype indéterminé.....	45
3. Diversité intraprovenance des <i>Datura</i> en plein champs.....	48
3.1. Diversité intra provenance chez <i>Datura stramonium</i> .....	48
3.2. Diversité intra provenance chez <i>Datura inoxia</i> .....	51
4. Diversité inter-provenances des <i>Datura</i> en plein champs.....	51
4.1. Diversité interprovenance chez <i>Datura stramonium</i> . .....	51
4.2. Diversité interprovenance chez <i>Datura inoxia</i> .....	59
5. Diversité morphologique interspécifique et interprovenance des <i>Datura</i> en plein champ .....	68
5.1. Caractères morphobiométriques des plants .....	68
5.2. Caractères morphobiométriques des capsules et des graines .....	69
5.3. Analyses en composantes principales (ACP) .....	73
5.4. Analyse Factorielle Discriminante (AFD).....	75
5.5. Classification ascendante hiérarchique (CAH).....	76
6. Caractères biochimiques des provenances de <i>Datura</i> .....	77
6.1. Variation interprovenances de la teneur en alcaloïdes <i>Datura stramonium</i> .....	77
6.2. Variation interprovenances de la teneur en alcaloïdes chez <i>Datura inoxia</i> .....	77
6.3. Variation interprovenances de la teneur en alcaloïdes chez les espèces de <i>Datura</i> ..	78
Discussion Generale .....	81
1. Prospection .....	82
2. Germination des graines de <i>Datura</i> .....	83
3. Variation intraprovenance des <i>Datura</i> en plein champs .....	84
4. Diversité inter-Provenances des <i>Datura</i> en plein champs.....	85
5. Diversité morphologique interspécifique des <i>Datura</i> en plein champ.....	90
6. Production d'alcaloïdes .....	90
Conclusion Générale .....	92
Références Bibliographiques.....	97
Annexe.....	107



## INTRODUCTION

Environ 200000 métabolites secondaires sont utilisés en médecine (Lagunez Rivera, 2006). De nos jours entre 20000 et 25000 plantes sont utilisées dans la pharmacopée humaine et 75% des médicaments ont une origine végétale (Badiaga, 2011). L'Algérie recèle un énorme réservoir de ressources phytogénétiques appartenant à différentes familles botaniques, utilisées depuis la plus haute antiquité en médecine populaire pour soigner un grand nombre de maladies. Les *Solanacées* figurent parmi les espèces les plus utilisées, à l'instar des *Datura* (*D. stramonium*, *D. ferox*, *D. innoxia*, *D. quercifolia* ....). Ces dernières sont spontanées en Algérie, et leur présence dans toutes les régions du pays leur confère un statut d'espèces cosmopolites (Quézel et Santa, 1962). Celles-ci peuvent être valorisées pour la production de molécules bioactives utilisables aussi bien en médecine humaine que vétérinaire.

De nombreuses études ont montré que ces espèces sont largement utilisées en médecine pour leurs propriétés thérapeutiques (effets mydriatique, antinévralgique, antalgique, anesthésiant, antispasmodique dans le traitement des troubles intestinaux (Mateus *et al.*, 1999; Kenneth *et al.*, 2001; Felidj et Houmani, 2006) grâce à leur richesse en alcaloïdes qui sont des métabolites secondaires.

Les anciens travaux (Belling et Blakeslee, 1922 ; Blakeslee, 1934 ; Evans, 1979 ; Weaver *et al.*, 1985; Doncheva *et al.*, 2006; Mairura et Setshogo, 2008) n'ont porté que sur la teneur alcaloïdique des populations sauvages de *Datura*. En Algérie, hormis les inventaires spécifiques des *Datura* et leurs teneurs alcaloïdiques réalisés par Houmani *et al.*, (1994) et Houmani et Cosson (2000), la diversité phénotypique et biochimique (teneur en alcaloïdes) en relation avec l'origine géographique demeure peu étudiée (Harbouche 2005). Ces études ont mis plus l'accent sur la richesse spécifique en alcaloïdes tropaniques de différentes parties (racines, tiges, feuilles et fleurs) prélevées en milieu naturel sur des plantes spontanées.

Par ailleurs, la diversité génétique des *Datura* qui constitue la matière première indispensable dans tout programme d'amélioration reste à réaliser. L'estimation de cette diversité est indispensable pour ces programmes qui reposent fondamentalement sur la caractérisation génétique (morphologique et biochimique). Cependant, le manque, voire l'inexistence, de connaissances de ce type constitue un handicap majeur pour la sélection de provenances intéressantes pour les programmes d'amélioration ayant pour perspective l'optimisation de la production alcaloïdique.

Ainsi, il est indispensable de compléter les études précédentes sur un plus grand nombre de provenances de chaque espèce après les avoir cultivées en milieu homogène pour éliminer les effets directs du milieu. L'objectif de ce travail vise à évaluer les capacités intrinsèques de production alcaloïdique. Ainsi, la présente étude porte sur la prospection de la diversité morphologique et la richesse en alcaloïdes tropaniques (hyoscyamine et scopolamine) chez de nombreuses provenances de 3 espèces *Datura* (*D. stramonium*, *D. ferox* et *D. inoxia*). Pour ce faire, l'étude a été menée sur les provenances ainsi collectées dans différentes régions du pays puis cultivées en milieu homogène. L'objectif visé à moyen terme est de les caractériser pour estimer leurs potentialités génétiques en vue de leur amélioration avant de se lancer dans la voie de la valorisation (production d'alcaloïdes *ex situ*).

## SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

## 1. Présentation du genre *Datura* L.

### 1.1. Origine et répartition dans le monde et en Algérie

L'origine des *Datura* est très controversée, selon certains auteurs, les *Datura* sont originaires d'Europe méridionale (Bianchini et Pantano, 1986), de la région tropicale d'Asie (Fernald, 1970) et d'Amérique méridionale (Every *et al.*, 1959 ; Rousseau, 1968). Ils se sont répandus, par la suite, dans les régions chaudes, tempérées et tropicales (Paris et Moyse, 1971). D'autres auteurs, en se référant aux derniers travaux sur la taxonomie des *Datura*, s'accordent à dire que toutes les espèces de *Datura* sont originaires du Mexique (considéré comme le centre de la diversité des *Datura* dans le monde) et rejettent catégoriquement la possibilité de leur présence dans l'ancien monde à l'époque précolombienne (Symon et Haegi, 1991 et Mace *et al.*, 1999).

Au début du XVI<sup>ème</sup> siècle, les portes de l'Europe s'ouvrirent au *Datura* à travers l'Espagne. Les premiers plants furent diffusés par les Tsiganes (d'où l'appellation d'herbe des gitans). le genre s'est propagé ensuite en Afrique du Nord (Huxley *et al.*, 1992). Cependant, en se référant aux études approfondies de Geeta et Gharaibeh (2007) sur la base des écrits de savants Arabes du IX<sup>ème</sup> au XIV<sup>ème</sup> siècle et des textes iconographiques indous, il s'avère que la seule et unique espèce, à savoir, *Datura metel* (Djawz mathil en arabe) pouvait bien être connue des botanistes de la période pré colombienne (avant 1492)., *D. metel* était présente en Asie du Sud vers le IV<sup>ème</sup> siècle, et par les arabes et perses au IX<sup>ème</sup> siècle, de nombreux siècles avant les premières visites des Européens en Amérique (y compris les voyages des Viking, vers l'an 1000). De l'Inde, le *Datura metel* s'est répandu vers l'Asie de l'ouest et le monde musulman de la Méditerranée et a atteint la péninsule Ibérique au XII<sup>ème</sup> siècle, soit trois siècles avant l'exploration de l'Amérique par Christophe Colomb (Geeta et Gharaibeh, 2007). La figure n°1, illustre les voies hypothétiques d'expansion du genre *Datura* L. dans le monde.

En Algérie, les *Datura* sont cosmopolites (Quézel et Santa, 1962), elles poussent à l'état spontané, aux bords des routes, dans les décombres et dans les cultures (Benhizia, 1989 ; Houmani *et al.*, 1994 ; Houmani-Benhizia, 1999). Ils préfèrent cependant, les sols argileux, légèrement basiques, humides et les expositions bien ensoleillées (Houmani-Benhizia, 1999).

Le genre *Datura* regroupe plusieurs espèces, dont cinq sont identifiées à l'état spontané en Algérie par Houmani-Benhizia (1999), il s'agit de *Datura ferox* L, *Datura inoxia* Mill, *Datura quercifolia* Humb, *Datura stramonium* L et *Datura tatula* L.

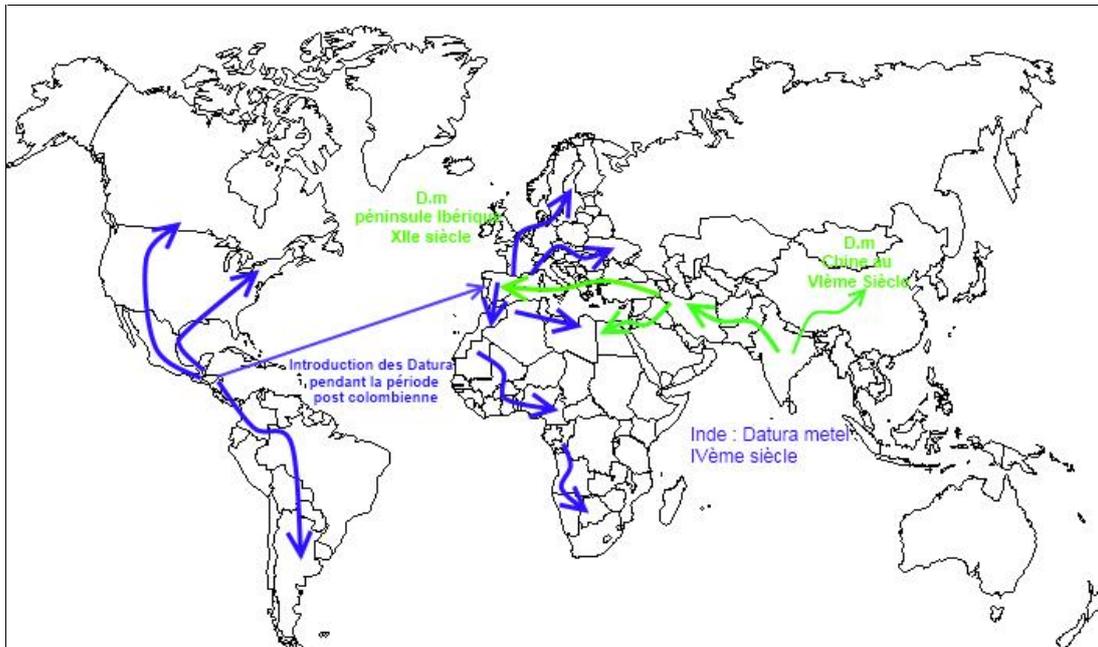


Figure 1 : Voies hypothétiques d'expansion des *Datura* sp dans le monde  
*Datura* sp (Bleu) et *Datura metel* (vert)

## 1.2. Position systématique des espèces du genre *Datura*

Le genre *Datura* appartient à la famille des Solanacées. La diversité spécifique des *Datura* à l'échelle mondiale est très importante (Evans, 1979 ; Yousaf *et al.*, 2008). Les Solanacées englobent près de 2500 espèces regroupées en 90 genres. La moitié des espèces appartient au genre *Solanum* L. (Didier, 2001). Certaines espèces sont alimentaires (pomme de terre, tomate, piments, aubergines, etc.), tandis que d'autres, qui poussent à l'état spontané, sont toxiques telles que la jusquiame, la belladone *Datura*, connues depuis des siècles pour leurs propriétés narcotiques et psychotropes (Heywood, 1996 et Hunziker, 2000).

Le genre *Datura* regroupe neuf espèces sauvages à savoir *Datura ceratocaula* Ortega, *Datura ferox* Linné, *Datura inoxia* Miller, *Datura stramonium* Linné, *Datura quercifolia* Humboldt, *Datura wrightii* Regel, *Datura metel* Linné, *Datura leichhardtii* F.v. Muell et *Datura discolor* Bernhardt. Le tableau 1, montre la position systématique du genre *Datura* ainsi que les différentes espèces qui le composent et leurs synonymes.

Tableau 1 : Classification systématique et synonymes dans le genre *Datura*.

<p>Règne : <i>Plantae</i>  Sous règne : <i>Tracheobionta</i>  Embranchement : <i>Spermatophyta</i>  Sous embranchement : <i>Magnoliophyta</i>  Classe : <i>Magnoliopsida</i>  Sous classe : <i>Asteridae</i>  Ordre : <i>Solanales</i>  Famille : <i>Solanaceae</i>  Tribu : <i>Duterea</i>  Genre : <i>Datura</i></p>	
Espèces	Synonymes
<i>Datura stramonium</i> Linné	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Datura bernhardii</i> Lundström, 1944 = <i>Datura stramonium</i> var. <i>tatula</i></li> <li>• <i>Datura bertolonii</i> Parlatore. Ex Gussone, 1842 = <i>Datura stramonium</i> var. <i>inermis</i></li> <li>• <i>Datura capensis</i> hort. Bernhardt, 1833</li> <li>• <i>Datura inermis</i> Jacq, 1776 = <i>Datura stramonium</i> var. <i>inermis</i></li> <li>• <i>Datura laevis</i> Liné, 1781</li> <li>• <i>Datura loricata</i> Sieber. Ex Bernhardt, 1833</li> <li>• <i>Datura lurida</i> salisbury, 1796</li> <li>• <i>Datura microcarpa</i> Godron, 1872</li> <li>• <i>Datura parviflora</i> salisbury, 1796 = <i>Datura stramonium</i> var. <i>tatula</i></li> <li>• <i>Datura praecox</i> Godron, 1872 = <i>Datura stramonium</i> var. <i>tatula</i></li> <li>• <i>Datura Tatula</i> Linné, 1726 = <i>Datura stramonium</i> var. <i>tatula</i></li> <li>• <i>Datura wallichii</i> Danal, 1852</li> </ul>
<i>Datura discolor</i> Bernhardt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Datura kymatocarpa</i> Barclay, 1959</li> <li>• <i>Datura rebbura</i> Barclay, 1959</li> <li>• <i>Datura thomasii</i> Torrey, 1857</li> </ul>
<i>Datura ferox</i> Linné	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Datura ferox</i> auct.</li> </ul>
<i>Datura ceratocaula</i> Ortega	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Datura macrocaulos</i> Roth, 1802</li> <li>• <i>Datura sinuata</i> Sessé et Mocino, 1893</li> </ul>
<i>Datura inoxia</i> Miller	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Datura guayaquilensis</i> Humboldt, 1818</li> <li>• <i>Datura Gindrida</i> Tonore, 1823</li> <li>• <i>Datura meteloïdes</i> Dunal, 1852</li> <li>• <i>Datura pubescens</i> Roques, 1808</li> <li>• <i>Datura velutinoso</i> Fuentis, 1980 (Endémique ; Cuba)</li> <li>• <i>Datura innoxia</i> Mill</li> </ul>
<i>Datura leichhardtii</i> Mueller	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Datura pruinosa</i> Greeman, 1898 (Endémique ; Australie)</li> </ul>
<i>Datura metel</i> Linné	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Datura alba</i> Nees, 1834</li> <li>• <i>Datura bojeri</i> Raffeneau. Delile, 1836</li> <li>• <i>Datura carthaginensis</i> Hort, Ex. Siebert et Voss, 1895</li> <li>• <i>Datura cornucopaea</i> Hort. Ex W.W, 1895</li> <li>• <i>Datura dubia</i> Persoon, 1805</li> <li>• <i>Datura fastuosa</i> Linné, 1759</li> <li>• <i>Datura fructicosa</i> Hornem, 1813</li> <li>• <i>Datura huberiana</i> Hort, 1891</li> <li>• <i>Datura humilis</i> Desfontaines, 1829</li> <li>• <i>Datura hummatu</i> Bernhardt, 1818 = <i>Datura metel</i> var. <i>muricata</i></li> <li>• <i>Datura metel</i> var. <i>chlorantha</i></li> <li>• <i>Datura metel</i> var. <i>rubra</i></li> <li>• <i>Datura nigra</i> Rumph. Ex Hassk, 1842 = <i>Datura metel</i> var. <i>metel</i></li> <li>• <i>Datura nilhummatu</i> Dunal, 1852 = <i>Datura metel</i> var. <i>obscura</i></li> <li>• <i>Datura timorensis</i> Zipp. Ex. Spanoghe, 1841</li> </ul>
<i>Datura quercifolia</i> Humboldt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Datura villosa</i> Fernald, 1900</li> </ul>
<i>Datura wrightii</i> Regel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Datura Gindrida</i> Tonore, 1823</li> <li>• <i>Datura lanosa</i> Barclay, Ex. Bye, 1986</li> </ul>

Source : synthèse faite à partir de Van der Meijden, 1990; Harbouche, 2005  
[http://www.ewid.org/plants/datura/datura\\_key/datura\\_key2.shtml](http://www.ewid.org/plants/datura/datura_key/datura_key2.shtml)) et Integrated Taxonomic Information System ([www.ITIS.gov](http://www.ITIS.gov))

### 1.3. Noms vernaculaires des *Datura*

Linné nommait les plantes de cette famille, les " blêmes ", les " tristes ", car les feuilles ont plutôt un aspect tombant avec des couleurs assez ternes (Chalandre, 2000). Pour les *Daturas*, d'autres appellations existent dont : stramoine, pomme épineuse, chasse-taupe, herbe du diable, endormeuse et trompette des anges (Cecchini, 1976 ; Aloïs Schmid, 1986). En arabe, on la connaît surtout par chedjeret el djinna, djhanama, messekra, Tatoura, El khela et Datoura (Trabut, 1935 ; kobt, 1981).

Selon certains auteurs, le mot *Datura* viendrait du nom arabe « *tatorah* » dont la racine « *tat* » signifie piquer (Bianchini et Pantano, 1986). Selon d'autres auteurs, ce mot proviendrait de « *dhatura* » qui est le nom indien de la plante et qui signifie « pomme épineuse » ou « pomme de la mort » (Poletti, 1988). En Algérie, les espèces de *Datura* sont connues sous plusieurs noms selon les régions, en Kabylie « *bourandjoug* », aux Aurès « *n'tina* » (Dambri, 1998).

### 1.4. Hybrides dans le genre *Datura*

Généralement, les *Datura* ont d'énormes capacités de croisement interspécifique, le plus répandu dans la nature, étant l'hybride issu du croisement *D. ferox* X *D. Stramonium* (Fournier, 1934). Ce dernier conserve le caractère de la capsule du *Datura ferox* (nombreuses épines, plus serrées et plus inégales). De plus, ce même auteur souligne que ces plantes montrent une très grande variabilité des caractères (longueur de la corolle, couleur, taille, forme des feuilles, etc.). La présence de ces hybrides a été signalée en Amérique du sud et en France (Fournier, 1934; Avery *et al.*, 1959).

## 2. - Présentation des *Datura* objets de la présente étude

### 2.1. *Datura stramonium* L.

Cette espèce a été décrite par plusieurs auteurs (Quézel et Santa, 1962 et Aloïs Schmid, 1986). C'est une plante autogame de 0,3 à 1.5 m de hauteur. Son nombre chromosomique est  $2n=2x=24$ . Les tiges sont rondes et glabres. Les feuilles sont grandes (5 à 13 x 3 à 15cm), glauques, molles, à limbe sinueux et denté. Elles sont alternes et munies d'un long pétiole (2 à 6cm). Les fleurs sont solitaires et prennent naissance au niveau des dichotomies, le calice est longuement tubuleux à base persistante sous le fruit. La corolle est très grande en forme d'entonnoir. Le fruit est une capsule volumineuse couverte d'épines épaisses dilatées à la base. Il comporte deux loges bipartites s'ouvrant par 4 valves pour libérer à maturité des graines noires et réniformes (Figure,2).



Plante en pleine croissance (Mois de Mai). Plante en pleine floraison (Mois de Juin) La fleur blanche érigée de 11 cm



La feuille (16x12) cm



Diversité des capsules  
(4et 6 valves)  
(38 x 28) mm



Graines

Figure 2 : Morphologie de *Datura stramonium* : Port, fleurs, capsules et graines (Photos Morsli).

Deux variétés de *Datura stramonium* sont signalées en Algérie. Le *Datura stramonium* var. *eu-stramonium* avec des fleurs blanches et une tige verte, et le *Datura stramonium* var. *tatula* avec des tiges et des fleurs violettes (Houmani-Benhizia, 1999 ; Houmani et Cosson, 2000).

En Algérie, *D. stramonium* est cosmopolite (Quézel et Santa, 1962). Elle pousse naturellement dans les lieux incultes, au bord des chemins et des cours d'eau, et est considérée comme mauvaise herbe des cultures (Benhizia, 1989). On peut la trouver jusqu'à la limite du Sahara (Baba Aïssa, 1991).

On la trouve aussi parmi les mauvaises herbes des terrains de décharge, en bordure de chemins, sur les terrains vagues riches en azote (Pelikan, 1986). Selon Fluck (1977), tout comme dans les lieux incultes et dans les champs, mais peu d'années au même endroit.

## 2.2. *Datura inoxia* Mill.

*Datura inoxia* est une plante herbacée, autogame, souvent confondue avec *Datura metel* (Houmani-Benhizia, 1999 ; Luna-Cavazos *et al.*, 2009). Son port dressé, peut atteindre un mètre de hauteur (Paris et Moyse, 1971). Ses feuilles ont un aspect velouté, elles sont vertes, à dentures nombreuses et aigues. Leurs pétioles mesurent entre 2 et 7 cm, le limbe est arrondi à la base et mesure (4 à 12) x (2 à 8) cm. La plante porte une fleur érigée de 8 à 15 cm, blanche. La corolle fait 10 cm environ de longueur (Ducrocq, 1994). Les fruits sont des capsules pendantes, globuleuses ou ovoïdes pouvant atteindre 5 à 7 cm de diamètre et couvertes de piquants effilés (Figure,3). Elles contiennent plusieurs centaines de graines qui rappellent celles de la tomate, de couleur brune, mesurant environ 5 mm de long (Ducrocq, 1994). Les racines sont ramifiées et peu profondes, la racine primaire est volumineuse et pivotante (Dambri, 1998).

Les tiges sont couvertes de nombreux poils protecteurs, elles sont visqueuses au toucher (Ducrocq, 1994). Le feuillage exhale une odeur déplaisante et toutes les parties de la plante renferment des alcaloïdes tropaniques (Lockwood, 1973). Le *Datura inoxia* est une espèce autogame, présentant un caryotype de ( $2n = 2x = 24$ ) (Ducrocq, 1994).



*Début de floraison*

*En plein floraison*

*Fleur de Datura inoxia (16 cm)*



*La capsule (35X33) mm*



*La feuille (13 x9) cm*



*La graine*

*Figure 3 : Morphologie de Datura inoxia : port, fleurs, capsules et graines (Photos Morsli)*

### 2.3. *Datura ferox* L.

*Datura ferox* est une plante autogame, annuelle et diploïde ( $2n = 2x = 24$ ). La tige épaisse, ramifiée est verte, glabre, mesurant 50 à 150 cm de longueur, ayant un diamètre de 1 à 1,5 cm. La fleur est composée d'une corolle blanche mesurant 4,5 à 6 cm de longueur, glabre et pliée longitudinalement, d'un calice de 2 à 2,5 cm, elle porte un style de 2,5 cm de longueur et une anthère de 3 mm. Le fruit est une capsule ovoïde très épineuse. Elle se développe en position dressée. A maturité, elle s'ouvre en 4 valves d'où s'échappent des graines noires très dures de 2,5 mm de largeur (Houmani-Benhizia, 1999 ; Houmani et Cosson, 2000) (Figure,4).

### 2.4. - Exigences de la culture des *Datura*

Les *Datura* sont cultivés, généralement à partir de graines semées en plein champs ou en pépinière. Il faut 7 à 8 kg de graines à l'hectare, la germination est obtenue au bout de la deuxième semaine et s'étale sur un mois. Les plants produits en pépinière sont transférés en plein champs lorsqu'ils ont atteint 8 à 12 cm de hauteur (Kobt, 1981; Schmelzer et Gurib –Fakim, 2008).

Pour créer des plantations industrielles destinées à l'extraction d'alcaloïdes, les chercheurs ont porté leurs efforts sur l'obtention d'une teneur élevée en alcaloïdes en utilisant des variétés performantes. En Inde, la production et la sélection d'hybrides interspécifiques ont permis de produire suffisamment d'hyoscyamine (Schmelzer et Gurib –Fakim, 2008). Des essais au Burundi et en Egypte, sur la culture de *Datura*, ont montré qu'une application d'engrais chimiques et de fumier augmentaient la production d'alcaloïdes totaux. De plus, des essais menés en Egypte, montrent que l'élimination des bourgeons floraux augmenterait sensiblement la surface foliaire et la teneur en alcaloïdes totaux (Kobt, 1981).

En ce qui concerne la récolte, il est conseillé de récolter les feuilles en début de matinée. Des recherches ont montré que le taux des molécules bioactives augmente sensiblement de près de 22 % par rapport aux feuilles récoltées l'après-midi. En fait, cela est dû essentiellement à la biosynthèse des alcaloïdes, qui se fait au niveau des racines, et qui subissent une époxydation lors de leur translocation vers les parties aériennes (Kobt, 1981).



*Datura ferox*



*La fleur blanche de Datura ferox ( 6 cm)*



*La feuille (13x10) cm*



*La capsule (33x26) mm*



*La graine*

*Figure 4 : Morphologie de Datura ferox : port, fleurs, capsules et graines (Photo Morsli)*

## 2.5. Intérêts écologiques des *Datura*

Les *Daturas* présentent de nombreuses applications dans le domaine de la dépollution des eaux et des sols ; par exemple leur utilisation pour l'absorption des déchets radioactifs : (cas du laboratoire californien de Los Alamos, pour purifier l'eau chargée de métaux radioactifs ou toxiques) (Rolard, 2002).

En Agriculture, ils peuvent être appliqués en lutte biologique contre les acariens et les aleurodes des cultures (Beliard *et al.*, 2002, Rolard 2002).

## 3. Caractérisation de la diversité génétique des *Datura*

### 3.1. Marqueurs morphologiques

En Algérie, il n'existe pas, à notre connaissance, de travaux ayant porté sur la diversité génétique des *Datura* dans les différentes régions du pays. Toutefois, quelques travaux ayant porté sur la variabilité biochimique de cette espèce dans quelques provenances algériennes ont été réalisés. Ainsi, les travaux de Houmani-Benhizia (1999) ont porté sur la quantification des alcaloïdes dans différentes parties de *Datura stramonium* prélevées sur des plants, sauvages de différentes provenances algériennes. Ces travaux ont montré que celles de l'Est sont les plus productrices en alcaloïdes, suivies de celles de l'Ouest, tandis que les provenances du centre sont les moins productrices d'alcaloïdes.

### 3.2. Marqueurs biochimiques : alcaloïdes

Les récents travaux réalisés sur la classification du genre *Datura*, ont permis de classer les espèces de *Datura* du nouveau monde, en trois sections : *Datura*, *Ceratocaulis* et *Dutra* (Symon et Haegi, 1991). Jiao *et al.*, (2002) en utilisant les allozymes, proposent une nouvelle classification des onze (11) espèces de *Datura* du Mexique en quatre sections, les deux premières (*Datura*, *Ceratocaulis*) restent inchangées, quant à la troisième section (*Dutra*), elle se scinde en deux groupes dont le premier comporte *D. Inoxia*, *D. metel*, *D. lanosa* et *D. wrightii*, alors que le deuxième groupe comporte *D. discolor*, *D. reburra*, *D. kymatocarpa* et *D. puinosa*.

Yousaf *et al.*, (2008) en évaluant le statut taxonomique de quatre genres de la famille des Solanacées : *Hyoscyamus*, *Withania*, *Atropa* et *Datura*, considèrent que l'identification des *Daturas* en se basant sur les caractères morphologiques reste difficile vu leurs fortes sensibilité aux conditions du milieu et la présence des hybrides. L'analyse protéique appliquée au genre *Datura*, leur a permis, en fait, de les distinguer des autres genres scinder en deux sous groupes à l'intérieur d'un même groupe.

### 3.3. Marqueurs cytogénétiques

Pour mieux comprendre la variation phénotypique des *Daturas*, Blakeslee et son équipe ont fait appel à la cytogénétique (Blakeslee *et al.*, 1922). Baiza *et al* (1999), signalent que le *Datura stramonium* possède douze paires de chromosomes, soit à l'état diploïde ( $2n=2x=24$ ) ou tétraploïde ( $2n=4x=48$ ). A chaque fois qu'il existe un ou plusieurs chromosomes en plus ou en moins par rapport à la garniture diploïde on parle d'aneuploïdie (Schultz-Schaeffer, 1980). Cette dernière est bien connue chez les angiospermes, particulièrement chez le *Datura stramonium*, qui se traduit par de nombreuses variations génétiques, dues particulièrement à l'existence d'un chromosome surnuméraire ( $2n+1 =$  trisomie) qui induit des phénotypes nouveaux liés à la forme de la capsule, la longueur des épines, la taille de la plante, des feuilles, des fleurs et des stigmates, et ceci, en relation avec la paire de chromosome affectée. Ainsi, Blakeslee et son équipe, avaient obtenu 12 trisomiques différents possibles, c'est-à-dire les types  $2n+1$  pour les chromosomes 1,2,3,..... à 12. Ces trisomiques désignés par mutants primaires, différents non seulement du type standard, mais aussi entre eux (Blakeslee *et al.*, 1922 ; Belling et Blakeslee, 1922). De plus, des cas de polyploïdie ont été identifiés ( $3n, 4n, 5n, 6n, 7n$  et  $8n$ ) (Blakeslee, 1922; Blakeslee, 1934) (Figure, 5).

D'autres auteurs ont mis en relation la structure cytogénétique et la composition alcaloïdique. Ainsi, selon Berkov et Philipov (2002), le contenu alcaloïdique des racines et des feuilles des *Datura* tétraploïdes est plus élevé que le contenu des *Datura* diploïdes.

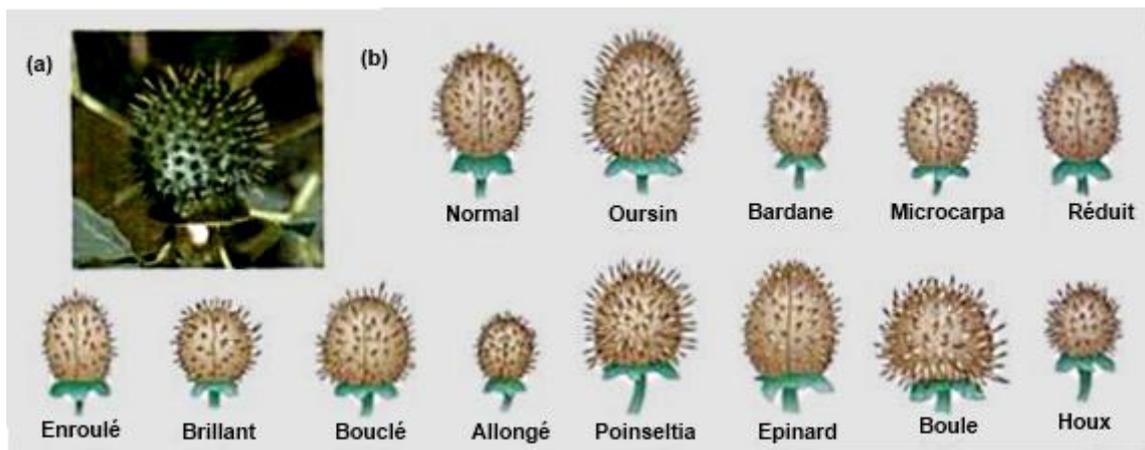


Figure 5: Les différents trisomiques chez *Datura stramonium* L. (Blakeslee, 1934)

a : Forme normale de la capsule    b : formes trisomiques avec leurs appellations

Dessins refait par Sean *et al.* (2010).

#### 4. Alcaloïdes tropaniques chez *Datura*

##### 4.1. Biosynthèse des alcaloïdes

La biosynthèse des alcaloïdes tropaniques (figure,6) est l'une des voies du métabolisme secondaire la mieux connue. Les deux précurseurs de la chaîne de biosynthèse sont l'arginine et l'ornithine (Deng, 2005). Deux principales enzymes interviennent au début de la chaîne de biosynthèse : l'ornithine décarboxylase (ODC) et l'arginine décarboxylase (ADC) (Verzar-petri *et al.*, 1978; Deng, 2005; Robins et walton, 1993). L'atropine et la scopolamine sont issues du cycle polyamine (Heby, 1981; Hougaard, 1992 ; Deng, 2005). L'atropine provient de l'estérification de l'acide tropique et du tropanol. Ce dernier est synthétisé à partir de l'ornithine qui est méthylée par l'ornithine méthyltransférase (OMT) en N-méthylornithine. Une décarboxylation conduit à la N-méthylputrescine qui peut également provenir de la méthylation de la putrescine par la putrescine N-méthyltransférase (PMT) (Facchini, 2001; Deng, 2005). L'action de la diamine oxydase (DO) engendre le 4-amino-butanal qui, par décarboxylation, donne le N-méthyl-pyrrolinium. Chez les *Datura*, la condensation de N-méthyl-pyrrolinium avec l'acide acétoacétique donne l'hygrine, la cyclisation de cette dernière conduit au tropinone qui donne le tropanol sous l'action de l'enzyme tropinone réductase (TR). L'oxydation peut être hydroxylée en 6-β-hydroxy-hyoscyamine par hyoscyamine-6-β hydroxylase (Hashimoto et Yamada, 1986; Hashimoto *et al.*, 1991; Deng, 2005). La voie de la biosynthèse de la scopolamine est complexe et fait intervenir plusieurs précurseurs différents, mais cet alcaloïde est directement issu de l'hyoscyamine. Sous l'action de l'hyoscyamine 6-β-hydroxylase, la 6-β-hydroxy-hyoscyamine va être convertie en scopolamine. (Robins *et al.*, 1990 ; Oskman-Galdentey et Arroo, 2000; Deng, 2005; Laszlo *et al.*, 2005).

La biosynthèse de l'hyoscyamine a lieu au niveau des racines (Herisset *et al.*, 1970; Cosson *et al.*, 1978; Kitamura *et al.*, 1995) puis, le composé est transporté par le xylème jusqu'aux feuilles. Sa bioconversion en scopolamine par l'époxydation se fait essentiellement au niveau des feuilles, les chloroplastes semblent en effet impliqués dans la transformation de l'hyoscyamine en scopolamine (Vallet, 1996; Berkov *et al.*, 2005).

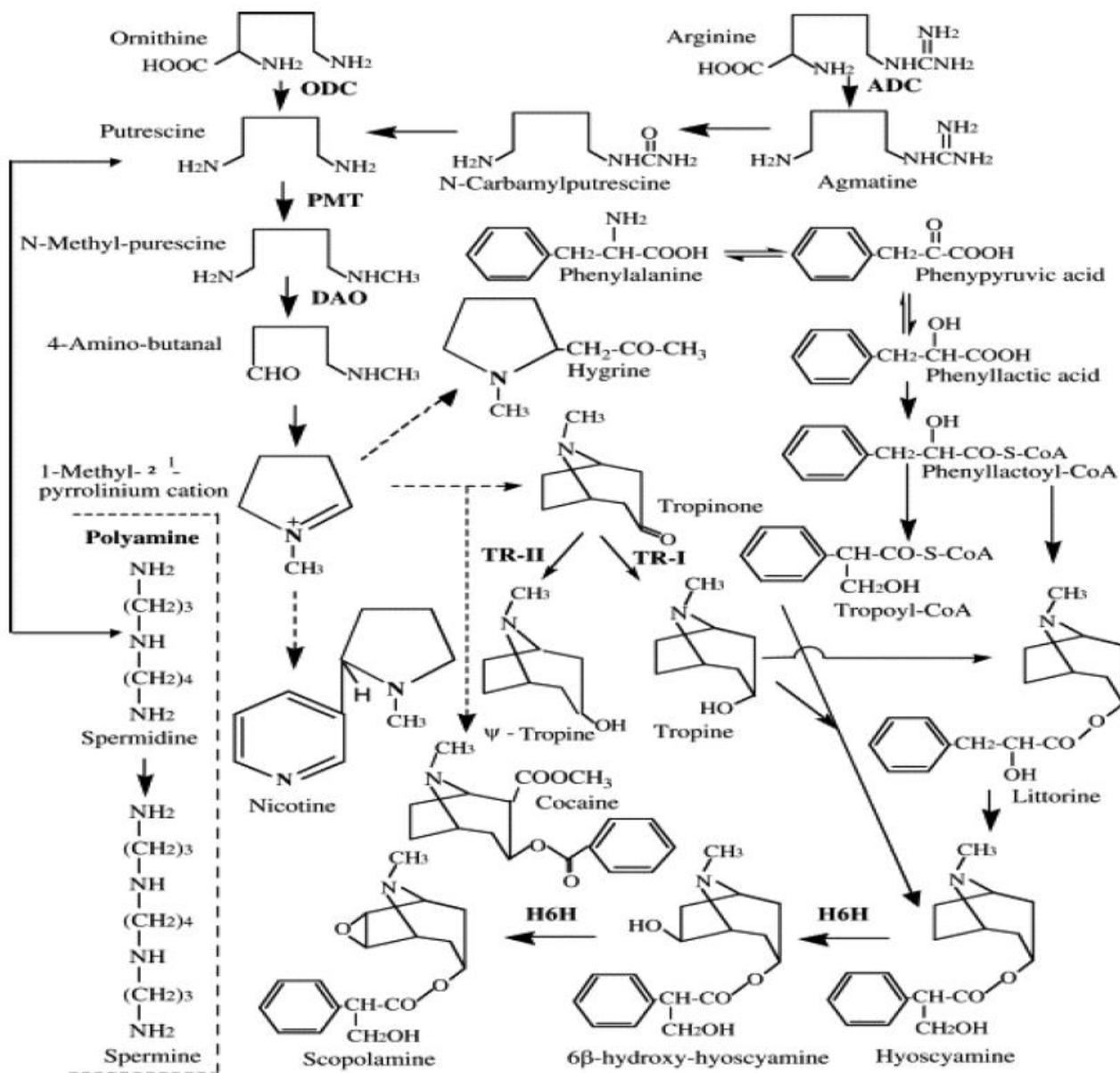


Figure 6 : Voies de biosynthèse des alcaloïdes tropaniques de *Datura sp.*

(Robins et al., 1990 ; Oskman- Caldentey et Arroo, 2000)

ornithine Décarboxylase (ODC) et l'arginine Décarboxylase (ADC)

Di amino oxydase (DAO) Putrescine N-méthyle transférase (PMT) tropinine réductase (TR)

#### 4.2. Diversité des alcaloïdes chez *Datura sp.*

En 2002, 29 alcaloïdes ont été identifiés par GC-MS, chez *Datura stramonium* L. à partir de racines, feuilles et graines. 21 nouveaux alcaloïdes tropaniques ont été décrits pour la première fois pour cette espèce et deux esters tropanols identifiés pour la première fois. Il s'agit du 3-3-acetoxytropoyloxy tropane et 3-2-hydroxytropoyloxy tropane (Berkov et Philopov, 2002).

Berkove *et al* 2005, ont analysé le profil alcaloïdique des parties de la plante de *Datura stramonium* recueillies à différents stades de développement par GC-MS, et ont détecté 64 alcaloïdes tropaniques, et ont identifiés 48 d'entre eux. Deux nouveaux alcaloïdes ont été identifiés il s'agit du 3-phénylacétoxy-6,7-epoxynortropane et du 7-hydroxyapoatropine. D'autres composés sont signalés pour la première fois pour *D. stramonium*, il s'agit de la scopoline, du 3-(hydroxyacetoxy) tropane, du 3-hydroxy-6-(2-méthylbutyryloxy) tropane, du 3-tigloyloxy-6-hydroxytropane, du 3,7-dihydroxy-6-tigloyloxytropane, du 3-tigloyloxy-6-propionylxytropane, du 3-phénylacétoxy-6,7-epoxytropane, du 3-phénylacétoxy-6-hydroxytropane, de l'apocopolamine, du 6-7-ditigloyloxytropane, de l'hydroxyhyoscyamine et du 3-acétoxy-6-isobutyryloxytropane pour la première fois pour la famille des Solanacées.

Pour *Datura inoxia*, 53 alcaloïdes ont été identifiés dans les organes (racines, tiges, feuilles, fleurs et graines) par GC-MS. 17 d'entre eux sont signalés pour la première fois pour cette espèce et un dérivé, le 3-phenylacetoxynortropane, pour le genre *Datura*. En outre, quatre nouveaux esters tropaniques sont identifiés chez *Datura inoxia* comme le 3-acétoxy-6,7-epoxytropane (acetylscopine), le 3-acétoxy-6-propionylxy-7-hydroxytropane, le 6,7-déhydro-3-phénylacétoxytropane, et le 3-(2'-phénylpropionylxy)-6,7-epoxynortropane (dihydroaponorscopolamine) sur la base de leurs données spectrales. L'hyoscyamine et la scopolamine figurent comme principaux alcaloïdes dans les racines et les parties aériennes, respectivement (El Bezzaoui *et al.*, 2012).

Par ailleurs, 66 alcaloïdes tropaniques sont extraits des feuilles et de racines des 12 espèces différentes et leurs variétés et sous-espèces. Ces alcaloïdes ont été identifiés par GC-MS. 4 d'entre eux sont signalés comme nouvelles molécules, il s'agit du 3-hydroxy-6-acetoxytropane, du 3-propionylxy-6-hydroxytropane, 3-hydroxy-6-tigloyloxytropane, 3-tigloyloxy-6-3-acetoxytropane et du tigloyloxy-7-isobutyryloxytropane. Ainsi, le profil des alcaloïdes tropaniques des espèces facilite la reconnaissance des groupes distincts au sein de la tribu *Datureae*. En effet, le genre *Brugmansia* s'identifie à part par rapport au genre *Datura* par la présence de teneurs

élevées en 3,6- disubstitué tropane et des esters de  $\alpha$ -isomeric tropane dans son mélange alcaloïdique issu des feuilles (Doncheva *et al.* 2006).

#### 4.3. Propriétés physiologiques et usage des alcaloïdes tropaniques

Trois espèces appartenant à différents genres de la famille des *Solanaceae* (*Datura*, *Atropa* et *Hyoscyamus*) sont encore utilisées pour leurs vertus médicinales, surtout en homéopathie. Malgré leur intérêt pharmaceutique, ces substances, à de fortes doses exercent des effets toxiques sur les humains et les animaux.

Les alcaloïdes contenus dans ces végétaux, exercent chez l'homme une action parasympatholytique pouvant conduire en cas d'intoxication à un syndrome atropinique ou anticholinergique. Celui-ci est caractérisé par un blocage de la production d'acétylcholine dans les synapses du système nerveux central. Les principaux signes cliniques sont : mydriase, sécheresse cutanée et des muqueuses, vasodilatation et tachycardie (Goullé *et al.*, 2004; Pretorius et Marx, 2006)

Une étude a montré l'effet positif des extraits de feuilles de *Datura stramonium* sur la cytotoxicité de différentes cellules cancéreuses de l'utérus (MDA – MB213), de la tête, du cou (FaDu) et des poumons (A549) (Ahmad *et al.*, 2009). D'autres études mettent en évidence l'effet des extraits de feuilles de *Datura innoxia* comme agent antimétabolique des cellules cancéreuses du colon (HCT 15), du larynx (Hep-2) (Arulvasu *et al.*, 2010) et du cervical (HeLa) Pandey *et al.*, 2011).

##### 4.3.1. Scopolamine

Les propriétés pharmacologiques de la scopolamine sont très voisines de celles de l'atropine, mais avec des effets centraux plus marqués en raison d'une meilleure affinité avec les récepteurs muscariniques (Gryniewicz et Gadzikowska *et al.*, 2008). La scopolamine a une action sédatrice, hypnotique dans l'agitation psychomotrice, elle majore en intensité et en durée les effets déprimeurs des autres alcaloïdes sur le système nerveux central (Montcriol *et al.*, 2007).

Elle est souvent utilisée en association avec la morphine et la spartéine pour la préparation à l'anesthésie générale des grandes interventions chirurgicales (Verdrager, 1978). De même, la scopolamine, est utilisée pour calmer les douleurs rénales, les douleurs de la vésicule biliaire et du colon (Paul *et al.*, 2007). On l'utilise également en injection intramusculaire ou intraveineuse pour soulager l'entorse. A forte dose, la scopolamine entraîne des hallucinations et dans le cas extrême des états comateux (Dorvault, 1982). Elle est utilisée dans la prévention du mal des transports par

un système adhésif à appliquer sur la peau derrière l'oreille. Ce système contient 1.5 mg de scopolamine qui est libérée progressivement à travers la membrane du système (Bruneton , 1999).

#### 4.3.2. Hyoscyamine

L'hyoscyamine (= isomère racémique de l'atropine) est un mydriatique énergétique, ses effets physiologiques sont plus intenses (Dorvault, 1982). D'autres actions de l'hyoscyamine sont soulignées par le même auteur, tel que : l'effet paralysant sur les fibres musculaires lisses, cette paralysie permet une action antispasmodique notamment sur le tube digestif, les voies respiratoires et la vésicule biliaire.

#### 4.3.3. L'atropine

Selon Paris et Hurabielle (1981), l'atropine agit au niveau du cœur par une accélération cardiovasculaire (Kenneth *et al.*, 2001) et elle entraîne une bronchodilatation (bronchectasie). Mais l'effet le plus marqué de l'atropine est celui qu'elle exerce sur la pupille en la dilatant avec photophobie (Alexander *et al.*, 2008 ; Javier *et al.*, 2008). De plus, elle est utilisée pour les traitements de l'ulcère d'estomac et comme antispasmodique dans le traitement des troubles intestinaux (Kenneth *et al.*, 2001 ; Mateus *et al.*, 1999). L'atropine peut également être utilisée dans le traitement du syndrome parkinsonien (Steenkamp *et al.*, 2004).

#### 4.4. Intoxications par les *Datura* dans le monde et en Algérie

Le tableau clinique des personnes intoxiquées par cette plante, est dominé par les troubles du comportement : hallucinations visuelles, auditives, tactiles, désorientation spatio- temporelle, agitation motrice, rougeur de la face, une mydriase, délire, tachycardies, hyperthermie (Chan, 2002). Dans les cas les plus graves, on peut observer des convulsions, une détresse respiratoire et le coma (Lapostolle et Flesh, 2006 ; Montceriol *et al.*, 2007). Pour rappel, en 1666, près de la ville de James Town en Virginie (USA), des soldats furent intoxiqués en masse, après avoir consommé plusieurs plantes de *Datura stramonium* en guise de repas (en pensant que c'était des épinards). Cet événement est à l'origine du nom «Jimson Weed » utilisé pour désigner le *Datura* et qui vient de contraction des mots « Jamestown » et «Weed» (Arouko *et al.*, 2003).

En Algérie, les intoxications par les *Datura* ont lieu généralement en période estivale et au début de l'automne, son caractère cosmopolite et ses propriétés anticholinergiques font d'elle une plante toxique pour les adolescents (à la recherche de sensation) ou les toxicomanes (Bouzidi *et al.*, 2002).

#### 4.5. Actions des facteurs écophysiologicals sur la composition alcaloïdiques des plantes

La teneur en alcaloïdes varie d'une plante à l'autre et même entre les différentes parties d'une même plante (Senecal, 1998). Chaque espèce ou variété, possède son propre potentiel génétique qui se traduit, dans un environnement donné, par une capacité physiologique à la biosynthèse des alcaloïdes tropaniques (Vallet, 1996).

De plus, les teneurs en scopolamine et en hyoscyamine dépendent étroitement du stade de développement de la plante (Houmani *et al*, 1994 ; Berkov *et al*, 2005). Selon les mêmes auteurs, ces teneurs augmentent avec le développement des plants et atteignent leur maximum au stade de floraison.

Les facteurs environnementaux pourraient influencer les variations de la teneur alcaloïdique. Cosson *et al*.(1966) montrent qu'un éclaircissement long et intense provoque une brusque augmentation des teneurs en alcaloïdes de *Datura tatula* au moment de la floraison, ses teneurs varient entre  $83 \pm 20$  mg/100g d'organes jeunes pour 9 heures d'éclaircissement et  $142 \pm 22$  mg/100g d'organes jeunes pour 16 heures d'éclaircissement. Ils remarquent par ailleurs, qu'un éclaircissement long et intense est nécessaire à l'augmentation de la teneur en scopolamine entre le troisième stade (apparition du premier bouton floral) et le quatrième stade (début de l'épanouissement des premières fleurs). Alors que les variations ontogéniques de l'hyoscyamine sont les mêmes dans les différentes conditions, ce que confirme Felidj (2005) en indiquant que le climat présenterait une grande influence sur l'accumulation des alcaloïdes. Un éclaircissement long et intense favorise l'accumulation de la scopolamine au moment de la floraison, alors que, l'hyoscyamine serait moins sensible aux variations de la lumière, car elle est produite dans le système racinaire.

D'après Felidj et Houmani (2006), une domestication des plants sous différentes conditions de stress hydrique montre que les plants non arrosés produisent presque autant d'alcaloïdes que ceux arrosés tous les jours mais avec une production de phytomasse réduite de 30 %, ce qui contribue à l'optimisation des rendements alcaloïdiques. Houmani-Benhizia (1999) rapporte une augmentation des rendements des alcaloïdes et de la biomasse végétale suite à une fertilisation et une irrigation du sol. En effet, une augmentation du calcium échangeable dans le sol entraîne une augmentation proportionnelle d'alcaloïdes des plantes de *Datura stramonium* (Amdoun, 2003).

Les travaux de Lakhdar Ezzine (2003) sur le *Datura ferox* indiquent que les teneurs en alcaloïdes totaux chez les plants transplantés sont supérieures aux moyennes des plants sauvages. Kapahi et

Sarin (1978), montrent l'influence des conditions édaphiques et l'humidité du milieu sur le *Datura innoxia*. Ils ont observé en outre, que ces facteurs affectent la croissance et la production alcaloïdique de la plante. Ils concluent qu'un sol limono-sableux à pH variant de 6.4 à 7.4 et un taux d'humidité élevé (70%) conduisent à une meilleure croissance végétative avec une production en graines plus importante accompagnée d'une production alcaloïdique plus élevée.

#### 4.6. Production d'alcaloïdes dans le monde et en Algérie

Sur le marché international, les pays producteurs d'alcaloïdes tropaniques, ne cessent d'exploiter de nouvelles techniques pour accroître la production de ces biomolécules. En effet, à titre d'exemple, l'Inde a mis en évidence des cultivars améliorés à fort potentiel de production d'alcaloïdes. En 1990, la France utilisait près de 20 à 30 tonnes de feuilles de *Datura* pour produire des médicaments contre l'asthme et des antispasmodiques ainsi que des médicaments contre la maladie de Parkinson (Schmelzer et Gurib –Fakim, 2008).

En Algérie, entre 1940 et 1955, une importante usine d'antibiotiques et un atelier d'extraction et de conditionnement des alcaloïdes, ont été inaugurés dans les environs d'Alger (Gue de Constantine) (Série économique, 1957). D'après Schmelzer et Gurib –Fakim, (2008) les rendements les plus élevés en scopolamine et hyoscyamine furent obtenus en Algérie, avec 7.5 kg/ha pour la scopolamine et 21 kg/ha pour l'hyoscyamine. Ce qui justifie les grandes potentialités d'exploiter les alcaloïdes en Algérie à condition de mettre en place une démarche de recherche adéquate, incluant un inventaire, une caractérisation et une valorisation des espèces potentiellement intéressantes.

#### 4.7. Extraction

L'extraction des alcaloïdes à partir des plantes est basée sur leur différence de solubilité en milieu acide et en milieu alcalin (Bruneton, 1995). L'extraction est réalisée par des solvants organiques non polaires, par des solvants organiques polaires ou par de l'eau acidulée (Paris et Hurabielle, 1981). Les solvants les plus utilisés pour l'extraction sont le chloroforme, le dichlorométhane et le benzène (Mroczek *et al.*, 2005).

L'extraction consiste à faire passer les alcaloïdes de la phase organique à la phase aqueuse par acidification ou inversement de la phase aqueuse à la phase organique par alcalisation. On élimine ainsi les impuretés solubles dans les solvants organiques (lipides, résines, chlorophylle) et les impuretés hydrosolubles comme les sucres, les sels minéraux et organiques (Paris et Hurabielle, 1981).

#### 4.8. Dosage et identification

D'après Paris et Hurabielle (1981), les principales méthodes d'identification et de dosage sont :

- La méthode pondérale où l'on précipite l'alcaloïde sous forme de sel insoluble.
- La méthode volumétrique ou alcalimétrique, en précipitant les alcaloïdes par le réactif de Valser-Meyer.
- La méthode colorimétrique qui est basée sur la réaction colorée plus au moins spécifique à l'alcaloïde.
- Les méthodes chromatographiques en phase gazeuse (CPG) ou liquide (HPLC), ou en couche mince (CCM).

Le dosage s'effectue le plus souvent, en utilisant les techniques de chromatographie sur couche mince (Paris et Hurabielle, 1981), en phase gazeuse, ou en phase liquide couplées ou non à un spectromètre de masse. La chromatographie a pour objectif de séparer les molécules de l'extrait brut, et la spectrométrie de masse sert à identifier et à quantifier les différentes molécules sur la base de leurs spectres de masse. A défaut d'un spectromètre de masse, on fait appel à des standards pour identifier et quantifier les molécules cibles.

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 1. Prospection et récolte de matériel

Entre Mai et juillet 2006, deux missions de prospection ont été menées dans le Nord de l'Algérie. Sur les 42 wilayas du Nord, 36 ont été prospectées en tenant compte des caractéristiques des habitats les plus favorables à la présence des *Datura* (wilayates à vocation agricole, sols à texture légère etc). Toutes les zones à vocation agricole, y compris les lisères des forêts sur des sols sablonneux, ont été ciblées pour prospecter la présence des *Datura*.

Des fiches d'enquêtes pour décrire les stations (coordonnées GPS, description de l'habitat et données biométriques de la plante) et un questionnaire adressé aux agriculteurs pour identifier les usages possibles de ces plantes (voir annexe I) ont été réalisés. L'identification des espèces de *Datura* a été faite en se basant sur la clé d'identification de Sanders (2002).

Matériel végétal :

La collecte des capsules de *Datura*, a été faite au Nord de l'Algérie (Figures 7 et 8). Les stations prospectées sont localisées dans 4 étages bioclimatiques : humide, subhumide, semi aride et aride. La collecte a consisté à prélever 10 à 15 capsules mûres sur 3 plants repérés dans la même station échantillonnée. Au total au moins 30 capsules par provenance ont été collectées. Elles ont été directement mises dans des sacs en papier, contenant la fiche d'enquête et les informations de la station (Nom de l'espèce, coordonnées GPS, Lieu de la collecte). Au laboratoire, les graines ont été retirées des capsules, puis conservées au réfrigérateur à 4°C. Les caractéristiques écologiques des provenances collectées sont résumées dans les tableaux 2, 3 et 4.

Tableau 2 : Différentes provenances de *Datura stramonium* prospectées en Algérie.

provenances	localisation	Codes	Pluviométrie (mm/an)	Altitude (m)	Etage Bioclimatique	Type de Station
Lac Tonga	El-Tarf	LET	1000	2	Humide	lisière de forêt
Frine	El-Tarf	FET	950	14	Humide	champs cultivé
Kennar	Jijel	KJJ	1200	220	Humide	champs cultivé
Ain -Taya	Alger	ATA	700	36	SubHumide	champs cultivé
Meftah	Blida	MFB	600	99	Sub humide	champs cultivé
Ténès	Ténès	TNS	580	83	Sub humide	champs cultivé
Boukadir	Chlef	BKC	500	105	Semi aride	champs cultivé
Mascara	Mascara	MMM	400	476	Semi aride	champs cultivé
Tifrit	Saida	TFS	250	979	Semi aride	champs cultivé
Melah	Ain Témouchent	MAT	450	63	Semi aride	Sol dégradé
Tlemcen	Tlemcen	TTT	550	552	Semi aride	Bord de route
Nedroma	Tlemcen	NDT	500	302	Semi aride	champs cultivé

Tableau 3: Différentes provenances de *Datura inoxia* prospectées en Algérie.

provenances	localisation	Codes	Pluviométrie (mm/an)	Altitude (m)	Etage Bioclimatique	Type de Station
Lac Tonga	El-Tarf	ILG	1000	2	Humide	lisière de forêt
El Milia	Jijel	IMJ	852	69	Humide	Bord de route
Draa ben kheda	Tizi ousou	IDB	601	29	SubHumide	Bord de route
Beni Merad	Blida	IBM	600	129	Sub humide	champs cultivé
Guerrouaou	Blida	IGR	580	188	Sub humide	champs cultivé
El Attaf	Ain Defla	IAF	470	166	Semi aride	Verger de poirier
Djelida	Ain Defla	IDJ	470	283	Semi aride	champs cultivé
Oued Sly	Chlef	IOC	350	108	Semi aride	champs cultivé
Boukadir	Relizane	IBC	350	106	Semi aride	champs cultivé
Hammam Bouhjar	Ain Témouchent	IHJ	373	310	Semi aride	Bord de route
Boussaâda	Boussaâda	IBS	242	553	Aride	Bord de route

Tableau 4 : Provenances de *Datura ferox* et génotype indéterminé prospectés en Algérie.

provenances	Espèces	localisation	Codes	Pluviométrie (mm/an)	Altitude (m)	Etage Bioclimatique	Type de Station
Ain Témouchent	<i>D. ferox</i>	Beni saf	Fxat	373	11	Semi aride	champs cultivé
Ain Témouchent	Génotype ?	Beni saf	Gind	373	11	Semi aride	champs cultivé

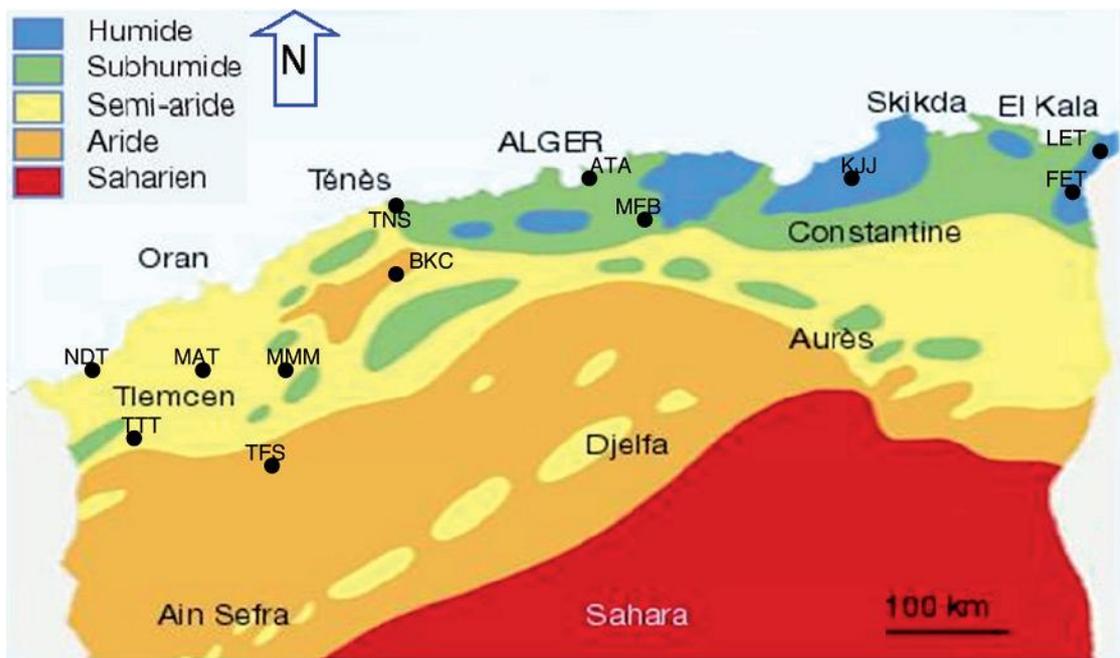


Figure 7: Carte de localisation des provenances algériennes de *Datura stramonium* ayant fait l'objet de l'étude (selon la carte de répartition des secteurs bioclimatiques de Stewart, 1974).

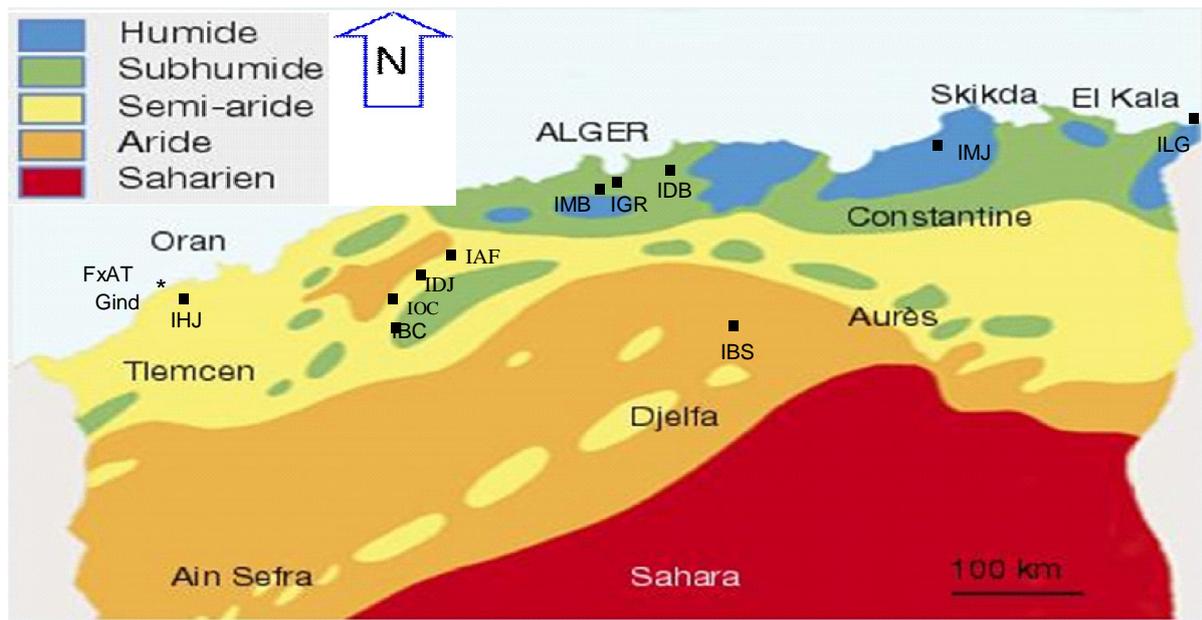


Figure 8: Carte de localisation des provenances de *Datura inoxia*, *ferox* et Génotype indéterminé (Gind) ayant fait l'objet de l'étude (selon la carte de répartition des secteurs bioclimatiques de Stewart, 1974).

## 2. Matériel végétal, levée de dormance et germination des graines

La réussite de toute expérimentation concernant le comportement en plein champs des provenances de différentes espèces de *Datura* dépend en grande partie, de la faculté des graines récoltées à germer. En effet, d'après Sanders (2002) et Dorado *et al.*(2009), les graines de *Datura* peuvent présenter dans certains cas une double dormance (tégumentaire et embryonnaire) et si la germination a eu lieu, cette dernière, reste irrégulière et hétérogène. De plus, l'effet génétique influe d'une façon considérable sur le taux de germination. En effet, les graines de *D. stramonium* ont tendance à germer facilement, tandis que celles d'autres espèces comme *D. quercifolia* ou *D. ferox* ne germent que 9 mois à une année après que les graines soient au sol (Sanders, 2002).

L'induction de la germination est étroitement liée aux facteurs endogènes et exogènes (effets génétiques, conditions de culture, etc), dans ce cas, il faut penser à optimiser les conditions de germination pour l'obtention de germinations groupées et surtout homogènes d'autant plus que l'objectif d'une telle opération est de pouvoir comparer les provenances de *Datura* sp sur un milieu homogène.

Pour éliminer la dormance qui caractérise les graines de certaines provenances et espèces de *Datura* (Houmani-Benhizia, 1999 et Sanders, 2002) et permettre ainsi, d'obtenir des germinations groupées et homogènes nous avons testé l'influence de certains facteurs (température et scarification) sur le pourcentage de germination :

- Graines non scarifiées : ces graines ont été directement désinfectées dans une solution d'eau de javel à 12° et sont mises dans des boites de pétri tapissées de papier filtre imbibé d'eau distillée.
- Graines scarifiées : la scarification a été réalisée mécaniquement à l'aide de papier-verre (point 80) selon la méthode préconisée par Khelifi-Slaoui *et al.* (2005). Les amandes ont été ensuite désinfectées dans une solution d'eau de javel à 12°C.
- Températures : les tests de germination ont été réalisés à des températures fixées à 20°, 27° et 30°C pendant 30 jours.

L'étude de la germination est réalisée en 02 étapes :

- Première étape : Effet de la température et de la scarification sur le taux de germination des graines de *Datura* : Dans un premier temps, nous avons pensé qu'il serait judicieux de tester l'effet de la température sur la germination de quelques espèces de *Datura* sp sur uniquement

quelques provenances (Tableau,5). L'objectif étant double, il s'agit d'une part de confirmer les résultats de recherche obtenus précédemment par Houmani-Benhizia (1999) et Harbouche (2005) ; et d'autre part, d'arriver à définir une température optimale de germination.

Tableau 5 : Protocole suivi pour la germination de *Datura*.

Espèces	Provenances	Mode de prétraitement	Températures (°C)
<i>Datura stramonium</i>	Frine (FET)	Graines non scarifiées	20
<i>Datura inoxia</i>	Guerouaou (IGR)		27
<i>Datura ferox</i>	Ain Témouchent (FxAT)	Graines scarifiées	30
génotype inconnu	Ain Témouchent (Gind)		

- Deuxième étape : Comparaison des taux de germination des graines de *Datura sp* des provenances prospectées en fonction de la température.

Les graines (scarifiées et non scarifiées) de toutes les provenances prospectées des différentes espèces sont mises à germer dans des boîtes de Pétri, tapissées de papier filtre imbibé d'eau distillée à une température optimale fixée lors du premier protocole.

Tous les tests de germination ont été conduits dans l'étuve, avec deux répétitions (= 1 boîte de pétri une pour les graines scarifiées, et une autre pour les graines non scarifiées), soient 15 graines dans chaque boîte de Pétri.

### 3. Culture en plein champ

#### 3.1. Mise en place de l'essai de caractérisation en plein champs

##### 3.1.1 Matériel biologique

Les graines de 12 provenances de *Datura stramonium*, de 11 provenances de *Datura inoxia*, d'une provenance de *Datura ferox* et celle d'un génotype indéterminé (Gind), ont été soigneusement récupérées du réfrigérateur, puis préparées pour la mise à germination en plein champs.

##### 3.1.2. Préparation du sol :

Le travail du sol a débuté par un labour à l'aide d'une charrue bisocs réversible le 18-04-2007. Une reprise par des façons superficielles au cover crop a été réalisée le 28-04-2007.

##### 3.1.3. Données climatiques du site expérimental

La station expérimentale se trouve dans l'étage bioclimatique sub-humide et bénéficie d'un climat doux méditerranéen, caractérisé par l'alternance de deux saisons :

- Une saison chaude qui s'étale du mois de Mai à Octobre ;

- Une saison froide qui s'étale du mois de Novembre à Avril.

Le tableau ci dessous, montre les valeurs moyennes de quelques paramètres climatiques pour la période de l'expérimentation.

Tableau 6 : Données climatiques pour la période de Mai à Septembre 2007

Mois	Température de l'air (°C)	Température du sol (°C)	Pluie (mm)	Humidité (%)
Mai (semis)	19.6	22.5	15.2	77.7
Juin	23.1	29.6	3.1	78.3
Juillet	26.5	30.0	0	79.1
Août	25.9	29.7	8.0	79.5
Septembre	23.9	26.7	33.2	78.6

Source : station météorologique E.N.S.A El Harrach (2007).

### 3.1.4. Caractéristiques édaphiques :

Les caractéristiques physico-chimiques du sol sont représentées dans le tableau 7.

Tableau 7 : Caractéristiques physico-chimiques du sol de la parcelle expérimentale :

échantillons	I	II	III
Pente	0-0.5	0-0.5	0-0.5
drainage	Bon	Bon	Bon
PH eau	8.00	8.06	7.23
Calcaire total (%)	0.30	0	0
CE (mmhos/cm)	0.16	0.07	0.18
Argile (%)	11.13	20.86	42.3
Limon fin (%)	31.27	22.14	10.3
Limon grossier (%)	13.1	17.5	6.9
Sable fin (%)	14.33	15.6	12.3
Sable grossier (%)	25	35.37	26.07
Classe texturale	Limoneuse	Limoneuse	Argileuse

### 3.1.5 Site et dispositif expérimental

La parcelle expérimentale est d'une superficie de 816 m<sup>2</sup> et est située dans l'étage bioclimatique subhumide (630 mm). Cette parcelle, de coordonnées géographiques 36°75'28''N et 3°04'20''E, présente une légère pente (moins de 1 %) et elle est exposée plein Sud. Son sol est de type argilo -limoneux (Tableau,7).

Les graines préalablement scarifiées ont été semées manuellement en plein champs les 5 et 6 mai 2007, à raison de 3 à 5 graines par potée. La profondeur de semis a été de 1 à 2 cm. Après la levée, au stade de 3 feuilles, un démariage a été fait pour garder exactement 15 plants par provenance.

### 3.1.5 Mise en place de l'essai en plein champ

Les parcelles élémentaires de l'essai correspondant aux différentes provenances ont été réparties aléatoirement sur le terrain selon un dispositif en randomisation avec 45 répétitions par provenance. Les mesures biométriques ont été effectuées sur les 15 plants de chaque provenance en conditions expérimentales homogènes (en dehors de leurs aires d'origine).

Le dispositif mis en place est en randomisation totale, avec trois (03) répétitions. Ainsi, les parcelles expérimentales sont divisées en micro parcelles de 3 m<sup>2</sup> (3m×1 m) et espacées de 60 m l'une de l'autre (figure, 9). Chaque micro parcelle correspond à une provenance et contient deux (02) lignes espacées de 0.50 m l'une de l'autre, avec six graines par ligne.

ATA	TNS	TTT
FET	MFB	MMM
BKC	MAT	LET
KJJ	TTT	TNS
NDT	TFS	BKC
MAT	KJJ	FET
MMM	ATA	TFS
TFS	NDT	KJJ
TNS	MMM	ATA
LET	BKC	NDT
MFB	LET	MAT
TTT	FET	MFB
IHJ	IDB	IAF
ILG	IGR	FxAT
IOC	IDJ	IBC
FxAT	IBS	IMJ
IMB	IHJ	IDB
IAF	ILG	IDJ
IBC	IOC	IBS
Gind	FxAT	IGR
IMJ	IMB	ILG
IBS	IAF	IHJ
IGR	Gind	IOC
IDJ	IBC	IMB
IDB	IMJ	Gind



Figure 9 : Parcelle expérimentale selon un dispositif en randomisation

### 3.2. Entretien de l'essai :

#### 3.2.1. Irrigation :

Étant donné que le semis a été effectué au mois de Mai, il a fallu arroser quotidiennement afin de maintenir le sol suffisamment humide et par conséquent assurer aux plants une croissance optimale. Pour cela un système d'irrigation par micro aspersion a été installé au champ et l'arrosage s'effectuait chaque jour en apportant une dose journalière de 50 ml par plant.

#### 3.2.2. Désherbage :

Le désherbage a été réalisé manuellement chaque fois qu'il y a eu apparition des mauvaises herbes pour éviter toute compétition avec les *Datura*.

### 4. Caractères biométriques retenus

Les paramètres pris en considération ont été mesurés en pleine floraison (60 jours après le semis = JAS). Il s'agit de la hauteur du plant (HP : cm), du diamètre au collet (DC : mm), du nombre de ramifications par plant (NRP), du nombre de capsules par plant (NCP), de la surface foliaire (SF : cm<sup>2</sup>), de la longueur de la fleur (LOF : cm), de la longueur de la capsule (LOC) et la largeur de la capsule (LAC). Les mesures (en mm) ayant porté sur la longueur et la largeur des capsules, graines et épines, furent effectuées à l'aide d'un pied à coulisse électronique, et les poids (en g) des capsules et des graines ont été mesurées à l'aide d'une balance de précision (0.1 mg) (Tableau,8).

Tableau 8 : Paramètres biométriques mesurés

Codes	Marqueurs	Codes	Marqueurs
HP	Hauteur de la partie aérienne	LOE	Longueur des épines
DC	diamètre au collet	PSCV	Poids sec des capsules vides
NRP	nombre de ramifications par plant	LOG	Longueur des graines
NCP	nombre de capsules par plant	LAG	Largeur des graines
SF	Surface foliaire	PMG	Poids de 1000 graines
LOF	Longueur des fleurs	HS	teneur moyenne en hyoscyamine,
LOC	Longueur des capsules	SL	teneur moyenne en scopolamine
LAC	Largeur des capsules		

## 5. Caractérisation biochimique

### 5.1. Extraction des alcaloïdes

L'extraction des alcaloïdes a été faite selon la méthode décrite par Amdoun *et al.* (2009). 100 mg de poudre de feuilles séchées à 60° C pendant 48 heures sont traités par une solution acide chloridrique (HCl) (0,1N). Après filtration, la solution est alcalinisée par du NH<sub>4</sub>OH (28 %) jusqu'à atteindre le pH 10. La solution aqueuse est ensuite filtrée puis épuisée trois fois par du CHCl<sub>3</sub> à volumes égaux (v/v). Un séchage du triple volume de CHCl<sub>3</sub> récupéré est effectué par du Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> anhydre. Après filtration, la solution de CHCl<sub>3</sub> est évaporée à sec dans un rotavapor de marque IKA.

### 5.2. Dosage des alcaloïdes

Le dosage des alcaloïdes totaux a été réalisé sur des feuilles prélevées au niveau intermédiaire des plantes pour toutes les provenances et toutes les espèces. Le prélèvement a été effectué au stade pleine floraison (60 JAS).

Le dosage des alcaloïdes (hyoscyamine et scopolamine) a été réalisé, pour les 25 provenances, à partir des poudres de feuilles, car ces alcaloïdes se concentrent plus dans les feuilles et les fleurs qu'au niveau des racines (Witte *et al.*, 1982). Le résidu sec est repris dans 5 ml de dichlorométhane puis filtré. Le filtrat est ensuite analysé par GC-MS selon le protocole de Kartal *et al.* (2003). L'identification des différents constituants de l'extrait est effectuée sur la base des spectres de masse et des étalons.

Le système d'analyse est constitué d'un GC qui est de marque Hewlett-Packard (HP) 5890 couplé à un spectromètre de masse HP 5970. La colonne de longueur de 30 m ID X 0,25 mm (épaisseur de couche 0,25 mm) est utilisée pour l'analyse de 1 µl de chaque extrait.

La température du four initialement programmée à 125 °C pendant 1 min, a été augmentée à 250 °C avec une rampe de chauffage 10 °C/min puis maintenue à 250 °C pendant 5 min. L'injection est effectuée en mode splitless à 280 °C. L'hélium est utilisé comme gaz vecteur avec un débit de 1 ml/min. Tous les calculs relatifs à l'analyse quantitative ont été réalisés par étalonnage externe par la mesure des aires des pics. La quantité de l'hyoscyamine a été calculée à partir des standards (courbes étalons). La calibration a été obtenue à partir d'une solution mère à 12 mg d'hyoscyamine dissous dans 10 ml de dichlorométhane, cinq solutions ont été préparées de 6.250 à 1200 µg / ml. Toutes les expériences ont été menées avec 3 répétitions (1 µl pour chaque injection).

## 6. Analyses statistiques

L'analyse des données a été faite à l'aide du logiciel Statgraphics version 15.2.05. Les variables étudiées ont d'abord été soumises à une analyse de la variance à un critère de classification (ANOVA) ajusté sur le modèle MLG (Modèle linéaire général). Les analyses en composantes principales (ACP), l'analyse factorielle discriminante (AFD) et la Classification ascendante hiérarchique (CAH) sont réalisées à l'aide du logiciel Xstat pro version 7.1.

### 6.1. Analyses de la variance et comparaison des moyennes

L'objectif de l'ANOVA est de savoir si les traitements appliqués produisent des effets significatifs ou non sur les variables numériques mesurés. Les analyses de la variance ont été complétées par la comparaison des moyennes si le test de l'ANOVA est significatif, l'étude est complétée par le test de la plus petite différence significative (PPDS) de *Student*.

Par ailleurs, un certain nombre de paramètres statistiques a été déterminé : moyenne, écart-type, coefficient de variation.

Nait Bachir, (2007), préconise les limites du coefficient de variation (C.V) comme suit :

- C.V < 10 : faible
- C.V compris entre 10 et 20 : moyen
- C.V > 20 : fort

Ainsi, les moyennes suivies de la même lettre alphabétique sur les graphiques ne sont pas significativement différentes au seuil 5 %.

### 6.2. Analyses multivariées

#### 6.2.1. Analyse en composantes principales (ACP)

Cette méthode factorielle est considérée comme une méthode de base dans l'analyse des données. L'objectif étant la description des valeurs numériques d'une matrice de données croisées (Bouroche et Saporta, 1980), dans notre cas un tableau de type Provenances x Variables.

Les résultats de l'analyse des données sont représentés sous forme de graphiques qui montrent la structuration des variables et des provenances, puisque l'A.C.P, repose essentiellement sur les corrélations et fait ressortir celles qui sont importantes dans la discrimination des groupes d'individus. Elle permet aussi d'expliquer la répartition des provenances, c'est-à-dire, celles qui se regroupent par affinité (selon leur corrélation avec les variables) ou dans des groupes séparés.

Pour mieux comprendre les corrélations entre les caractères morphologiques et la teneur en alcaloïdes, nous avons pris en considération uniquement les paramètres ayant présenté 6 groupes homogènes (test de la PPDS : plus petite différence significative) et plus (synonyme d'une bonne diversité morphologique).

#### 6.2.2. Analyse factorielle discriminante (AFD)

L'analyse factorielle discriminante recouvre deux aspects. Le premier consiste à séparer au mieux l'ensemble des groupes à l'aide d'un ensemble de variables. Elle permet donc d'effectuer la discrimination des provenances (Tomasson, 1980).

Le second principe de cette analyse est la possibilité de réaliser un classement des observations.

#### 6.2.3. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

Les regroupements successifs produisent un arbre binaire de classification (dendrogramme), dont la racine correspond à la classe regroupant l'ensemble des individus. Le dendrogramme représente une hiérarchie de partitions. On peut alors choisir une partition en tronquant l'arbre à un niveau donné, le niveau dépend soit des contraintes de l'utilisateur (l'utilisateur sait combien de classes il veut obtenir), soit de critères plus objectifs (Fahmy, 1998).

## RESULTATS ET INTERPRETATIONS

### 1. Résultats de la prospection

L'enquête menée auprès des agriculteurs a montré que les *Daturas* sont bien connus et consommés pour leurs propriétés hallucinogènes. Elle révèle aussi l'existence de quelques cas d'intoxication mortels. Ces intoxications (notamment à Mascara et Sidi Belabbes) sont dues, dans la majorité des cas à la consommation des graines. Quant aux noms vernaculaires des *Daturas*, ils changent d'une région à une autre : habbala, djahanem, Sikrane et Bandj.

Les résultats de l'enquête montrent que les *Datura* sont présents dans toutes les wilayates prospectées (36) du Nord de l'Algérie. Cependant, la diversité spécifique varie d'une région à une autre. La plus grande richesse spécifique a été rencontrée dans quatre wilayates du Nord à savoir :

- a- Wilaya d'El Taref : C'est pour la première fois qu'on signale la présence des *Datura* en milieu forestier. En effet, on note la présence de deux espèces : *Datura stramonium* et *Datura inoxia*. Ce site se trouve sur la rive Nord du lac Tonga, il est caractérisé par une biodiversité importante, quelques plants de *Datura stramonium* et *Datura inoxia* se trouvent en pleine forêt de *Pinus pinaster* en mélange avec quelques pieds d'*Eucalyptus camaldulensis* sur un sol limoneux sableux.
- b- Wilaya de Ain Defla : Cette région à vocation agricole également présente une grande diversité spécifique du genre *Datura*, on y trouve principalement *Datura stramonium*, *Datura ferox* et *Datura inoxia* et une quatrième espèce signalée par Houmani et Cosson (1998), il s'agit de *Datura quercifolia*. Cependant, cette dernière espèce n'a pas été rencontrée lors de cette prospection malgré la visite des sites où elle a été signalée par les deux auteurs précédents.
- c- Wilaya de Sétif : Cette région est, elle aussi, réputée pour sa vocation agricole, elle abrite une grande diversité de *Datura sp*, on y trouve les 3 espèces de *Datura* *D. stramonium*, *D. ferox* et *D. inoxia*.
- d- Wilaya d'Ain Témouchent : Cette région côtière de l'Ouest Algérien est caractérisée par sa vocation agricole, notamment les cultures maraichères. Trois espèces sont signalées à savoir *Datura stramonium*, *Datura inoxia*, *Datura ferox* et un génotype inconnu. Ce dernier a été récolté dans un périmètre agricole de Cucurbitacées où coexistent aussi deux

autres espèces : *D. ferox* et *D. stramonium*. La figure n° 10, illustre la morphologie de 3 espèces de *Datura* qui se ressemblent le plus.

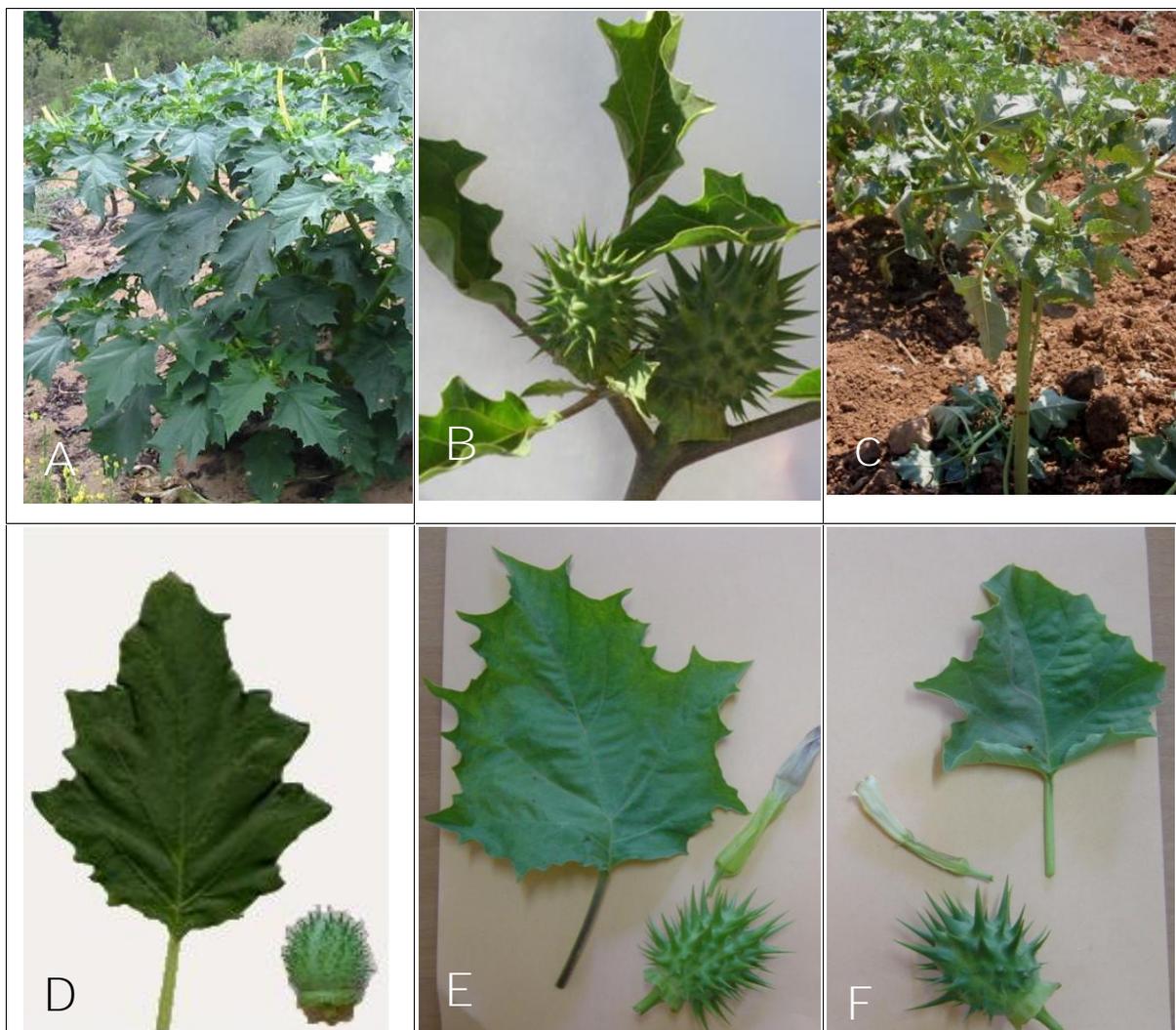


Figure 10: Morphologie des *Datura* (A : *Datura stramonium*, B : génotype indéterminé, C : *Datura ferox*). Aspects des feuilles, des fleurs et des capsules ; (D : *Datura stramonium*, E : génotype indéterminé, F : *Datura ferox*)

### 1.1. *Datura stramonium*

Sur les 36 Wilayates prospectées dans le Nord de l'Algérie, *Datura stramonium* est présent dans 19 wilayates, ce qui représente 45 % du territoire prospecté. L'espèce qui, dans la littérature, est signalée dans les terrains défrichés, incultes ou en mélange avec les cultures maraichères (figure.11B) a été trouvée dans de nouveaux milieux tels que les forêts (cas de la wilaya d'El Tarf)

en présence de *Pinus pinaster* (figure.11A) ou en mélange avec la fougère aigle *Pteridium aquilinum* (figure.11C).



Figure 11 : Illustration de la présence de *Datura stramonium* dans des stations écologiquement différentes

- A En pleine forêt de *Pinus pinaster* (Lac Tonga- El Taref), B Champs de Cucurbitacées (Ain Defla), C à l'intérieur de l'arboretum du Lac Tonga en présence de la fougère aigle ;  
D Sur sol dégradé (Skikda)

### 1.2. *Datura inoxia*

Elle est moins abondante que *Datura stramonium*, beaucoup plus présente aux bords des routes et moins fréquente dans les terres agricoles. Cette espèce est signalée dans 12 wilayates du Nord, ce qui représente près de 28 % des territoires prospectés (figure. 12). Elle est peu connue des agriculteurs par rapport au *Datura stramonium*.



Figure 12 : Illustration de la présence de *Datura innoxia* dans des stations écologiquement différentes

A Plant isolé de *Datura innoxia* sous *Pinus pinaster* (Lac tonga), B *Datura innoxia* sous *Eucalyptus camadulensis* (Lac tonga) C Plant de *Datura innoxia* en plein champs

### 1.3. *Datura ferox*

Cette espèce est peu abondante et peu connue des agriculteurs, elle a été recensée uniquement dans 3 wilayates du Nord et dans des endroits bien précis, à savoir Sétif, Ain Defla et Ain Témouchent.

## 2. Etude de la germination des graines de *Datura*

La germination des graines des *Datura* demeure une étape très importante pour la mise en place du protocole expérimental d'étude comparative du comportement des différentes provenances des trois espèces. L'objectif fixé au départ est d'avoir des germinations groupées et homogènes permettant de mener une étude comparative.

### 2.1. Germination des graines de *Datura stramonium*

L'étude de la germination de *Datura stramonium*, a permis de mettre en évidence l'influence de la température et du tégument sur le taux de germination. En effet, d'après les résultats obtenus, on remarque que les graines scarifiées (GS) sont les premières à germer pour les différentes températures par rapport aux graines non scarifiées, et plus la température augmente, plus le temps de germination diminue jusqu'à une température critique de 30°C.

- A 20°C les graines non scarifiées (GNS) mettent 21 jours pour germer, avec un taux de germination maximum de 3 % au 22<sup>ème</sup> jour, ce temps n'est que de 8 jours pour les graines scarifiées (GS) avec un taux de germination optimal de 65 % au 26<sup>ème</sup> jour de culture (figure,13A).

- A 27°C les graines (GNS) prennent 3 jours pour germer, avec un taux de germination de 83% au 15<sup>ème</sup> jour de mise en culture, ce temps n'est que d'une journée pour les graines scarifiées (GS) avec un taux de 93% au 12<sup>ème</sup> jour de culture (figure,13B).

- A 30°C les graines (GNS) mettent 9 jours pour germer, le taux de germination atteint son maximum (20%) au 23<sup>ème</sup> jour, ce temps n'est que d'une journée pour les graines scarifiées (GS) avec 87% de germination au 13<sup>ème</sup> jour de culture (figure,13C).

Cette étape de l'étude a permis, dans un premier temps, de mettre en évidence l'effet de la température et de la scarification sur la levée de dormance des graines de *Datura stramonium*. Les résultats montrent que la température optimale pour la germination des graines de *Datura stramonium* pour la provenance Frine est de 27°C induisant 93 % de germination.

De plus, ce taux de germination est stimulé par l'effet combiné de la scarification des graines, et de la température (27°C), ce qui donne la meilleure combinaison pour l'induction de la germination. Cependant, ce dernier varie en fonction des provenances prospectées. Cette variation est en partie expliquée par l'effet génétique de la provenance. Trois classes relatives au taux de germination ont été observées avec les graines scarifiées mises à germer à 27°C, qui est la température optimale, l'analyse de la figure n°14 révèle deux niveaux du taux de germination :

- 1<sup>er</sup> groupe : Regroupe les provenances ayant un taux de germination supérieur à 50 % (graines scarifiées) qui sont : Lac Tonga (LET), Ain Taya (ATA), Meftah (MFB), Tlemcen (TTT), Frine (FET) et Ténès (TNS) représentent les meilleurs taux allant de 90, à 97 %, alors que Tifrit (TFS), Mascara (MMM) et Ain Témouchent (MAT), représentent des taux de germination moyens (60 à 80 %).
- 2<sup>ème</sup> groupe : Regroupe les provenances ayant un taux de germination inférieur à 50 % (graines scarifiées) qui sont : Kennar de Jijel (KJJ), Nedroma (NDT) et Boukadir (BKC) avec les plus faibles taux de germination de 30 %.

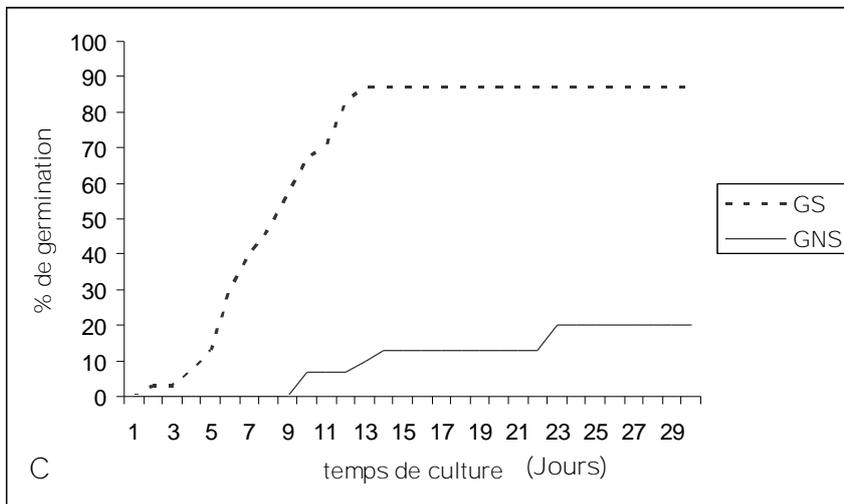
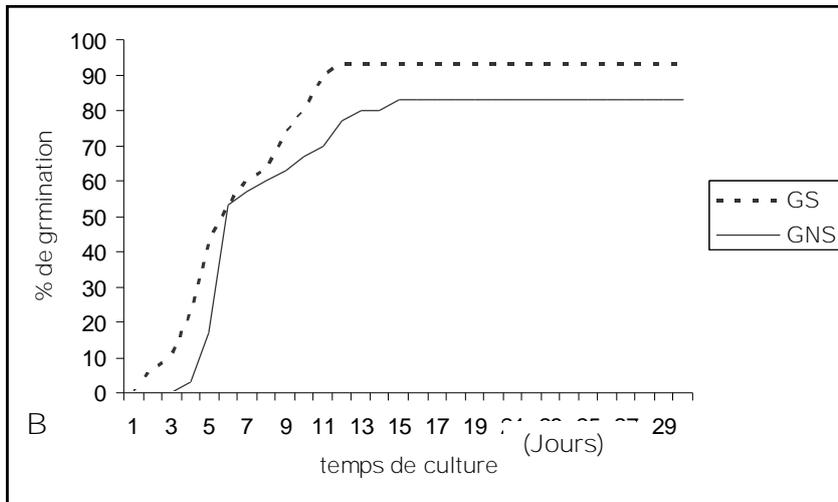
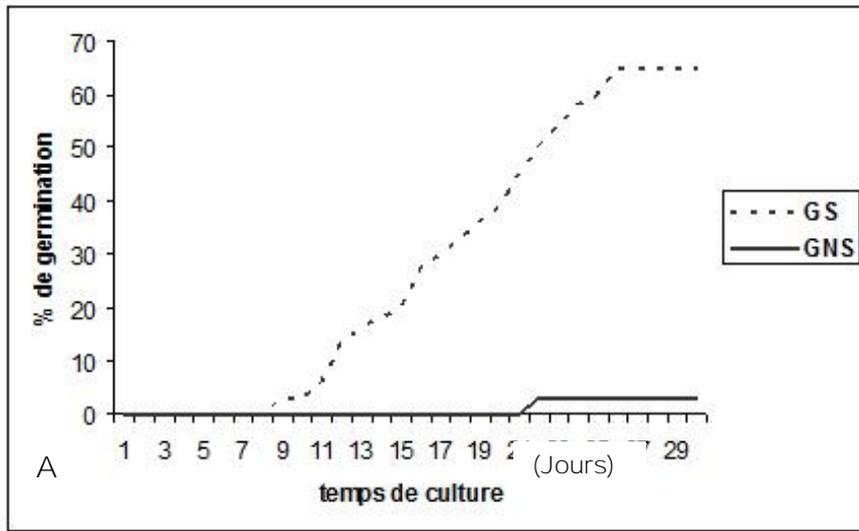


Figure 13 : Variation du pourcentage de germination des graines de *Datura stramonium* (Provenance de Frine) en fonction du temps et de la scarification aux températures de A : 20°C ; B : 27°C et C : 30°C

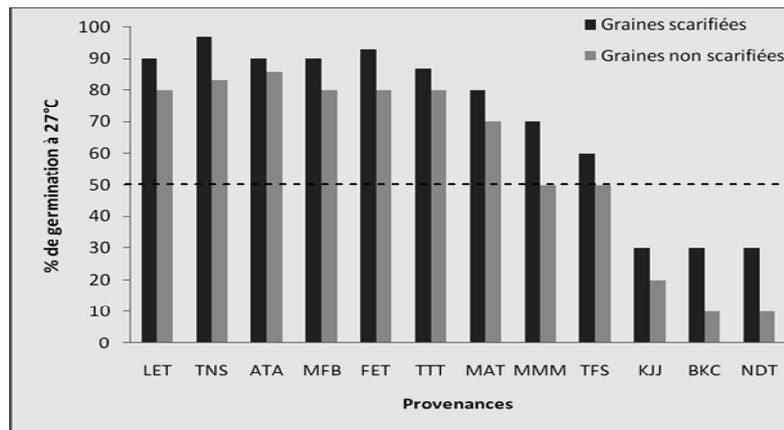


Figure 14 : Variation du pourcentage de germination à 27 °C des graines de *Datura stramonium* en fonction des provenances et de la scarification

## 2.2. Germination des graines de *Datura innoxia*

Comme précédemment, le test de germination a porté sur des graines scarifiées ou non de la provenance Guerouaou (IGR) testée à des températures de 20, 27 et 30 °C.

- A 20°C : le taux de germination de 6.6 % est enregistré à partir du 9<sup>ème</sup> jour de culture pour les graines scarifiées (GS). Ce pourcentage atteint 56.6 % au 19<sup>ème</sup> jour de culture. En revanche, le taux de germination des graines non scarifiées (GNS) n'est que de 10 % et ce dès le 19<sup>ème</sup> jour de culture (figure,15A).

- A 27°C : la germination commence au 5<sup>ème</sup> jour de culture pour les graines scarifiées (GS), avec un pourcentage de germination de 10 %, qui atteint 100 % au 9<sup>ème</sup> jour de culture. Pour les graines non scarifiées (GNS) le pourcentage de germination est de 23.33 % au 7<sup>ème</sup> jour, ce pourcentage atteint 93.33 % au 17<sup>ème</sup> jour de culture (figure,15B).

- A 30°C : la germination débute au 7<sup>ème</sup> jour de culture pour les graines scarifiées (GS), et atteint un maximum de 23.33 % au 19<sup>ème</sup> jour de culture, les graines non scarifiées (GNS) n'ont commencé à germer qu'au 19<sup>ème</sup> jour de culture, avec un taux de germination de 3.33 % (figure,15C).

A partir des résultats obtenus sur la première provenance (Guerouaou), nous constatons que la scarification favorise d'une manière significative la germination des graines de *Datura innoxia*. En effet, le taux de germination des graines scarifiées est supérieur à celui des graines non

scarifiées. Il est de 56.66, 100 et 23.33 % pour les graines scarifiées et de 10, 93.33 et 3.33 % pour les graines non scarifiées, et ce pour les températures respectives de 20, 27 et 30°C.

L'évolution des taux de germination enregistrés aux différentes températures étudiées, permet de conclure que les meilleurs taux de germination des graines de *Datura innoxia* sont obtenus à la température de 27°C (100 et 93.33 % respectivement pour les graines scarifiées et non scarifiées). Par contre, ces taux sont faibles à la température de 20°C (56.66% pour les graines scarifiées et 10 % pour les graines non scarifiées) et très faibles à la température de 30°C (23.33 % pour les graines scarifiées et 3.33 % pour les graines non scarifiées).

Le test de germination effectué à la température optimale de 27°C, pour le reste des provenances de *Datura innoxia*, montre une grande variabilité des taux de germination, Cette différence de germination est en partie liée aux potentialités génétiques de chaque provenance, l'analyse de la figure n°16, révèle deux niveaux du taux de germination :

1<sup>er</sup> groupe : Regroupe les provenances ayant un taux de germination supérieur à 50 % (graines scarifiées) et qui sont de Guerrouaou (IGR), d'El Attaf (IAF), de Beni Merad (IBM), de Draa Ben khedda (IDB), de Lac Tonga (ILG), de Boussaada (IBS), de Ain Defla (IDJ), d'El Milia (IMJ), de Hammam Bouhdjar (IHJ) et de Boukadir (IBC).

2<sup>ème</sup> groupe : Comprend uniquement la provenance d'Oued Sly (IOC) ayant moins de 50 % de germination (graines scarifiées).

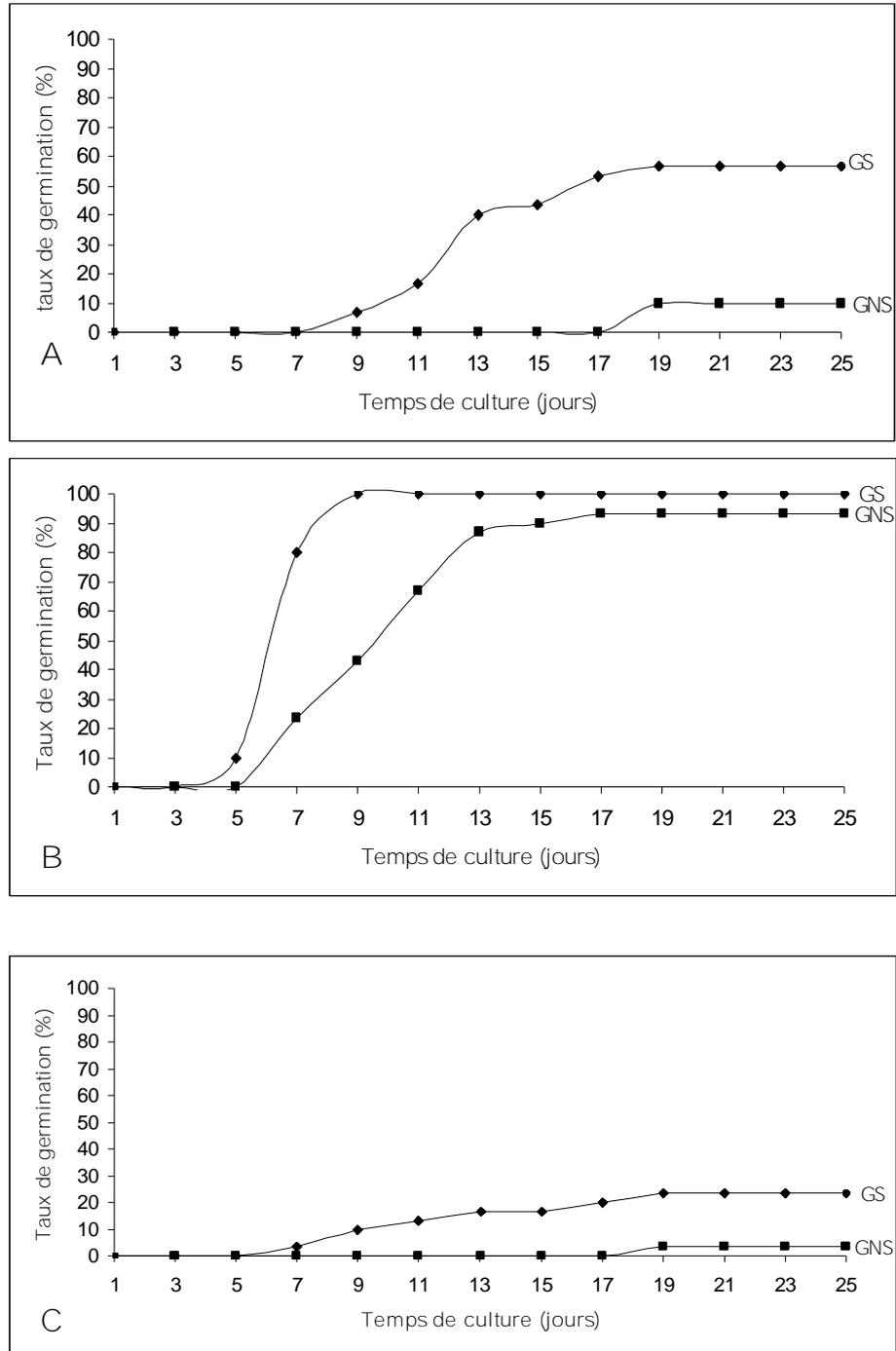


Figure 15 : Variation du pourcentage de germination des graines de *Datura inoxia* (Provenance de Guerouaou) en fonction du temps et de la scarification aux températures de A : 20°C ; B : 27°C et C : 30°C

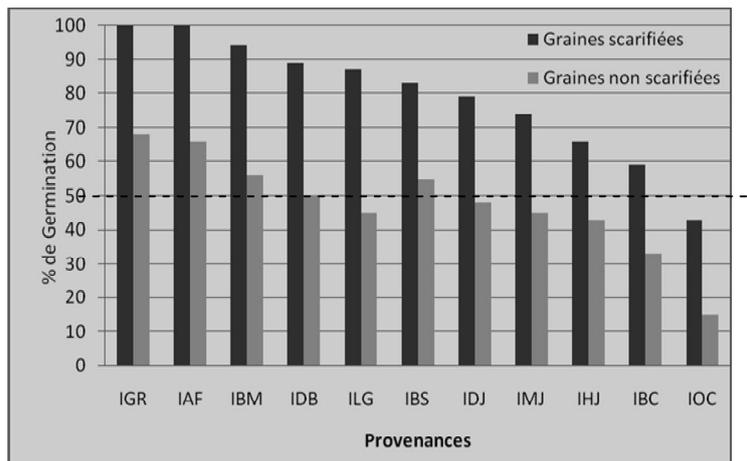


Figure 16 : Variation du pourcentage de germination à 27 °C des graines de *Datura innoxia* en fonction des provenances et de la scarification

### 2.3. Germination des graines de *Datura ferox*

- A 20°C: les graines non scarifiées (GNS) mettent 12 jours pour germer (2 %), ce temps n'est que de 7 jours pour les graines (GS) (22 %). Le taux de germination atteint son maximum (7 %) pour les graines (GNS) au 16<sup>ème</sup> jour, alors que pour les graines (GS), le taux de germination atteint 41 % au 21<sup>ème</sup> jour (figure,17A).

- A 27°C : les graines scarifiées (GS) mettent 1 journée pour germer, et le taux de germination est à son maximum (50 %) au 17<sup>ème</sup> jour. Pour les graines non scarifiées (GNS), elles commencent à germer à partir du 4<sup>ème</sup> jour, atteignant le maximum (32 %) de germination au 17<sup>ème</sup> jour de culture (figure,17B).

- A 30°C : les graines (GNS) mettent 9 jours pour germer, le taux de germination atteint son maximum au 22<sup>ème</sup> avec (19 %) ; ce temps n'est que 3 jours pour les graines (GS) avec un taux maximal de 36 % de germination au 16<sup>ème</sup> jour de culture (figure,17C).

### 2.4. Comparaison des taux de germination des graines des 3 espèces de *Datura* et du génotype indéterminé

La germination des graines de *Datura* sp est très hétérogène (Figure,18). Elle dépend de l'espèce, de la provenance et du prétraitement des graines (scarifiées ou non). Les graines de *Datura ferox* de la provenance d'Ain Témouchent (FxAT) et le génotype indéterminé présentent de faibles taux de germination respectivement de l'ordre de 50 et 20 % pour les graines scarifiées et 30 et 10 % pour les graines non scarifiées. Le faible taux de germination semble être lié au comportement des graines de *Datura ferox* qui sont récalcitrantes à la

germination. Des résultats similaires ont été obtenus par Houmani-Benhizia (1999). Quant au génotype indéterminé, le taux de germination reste faible n'excédant pas les 20 %. Ce faible taux de germination pourrait être expliqué par la faible fertilité des graines.

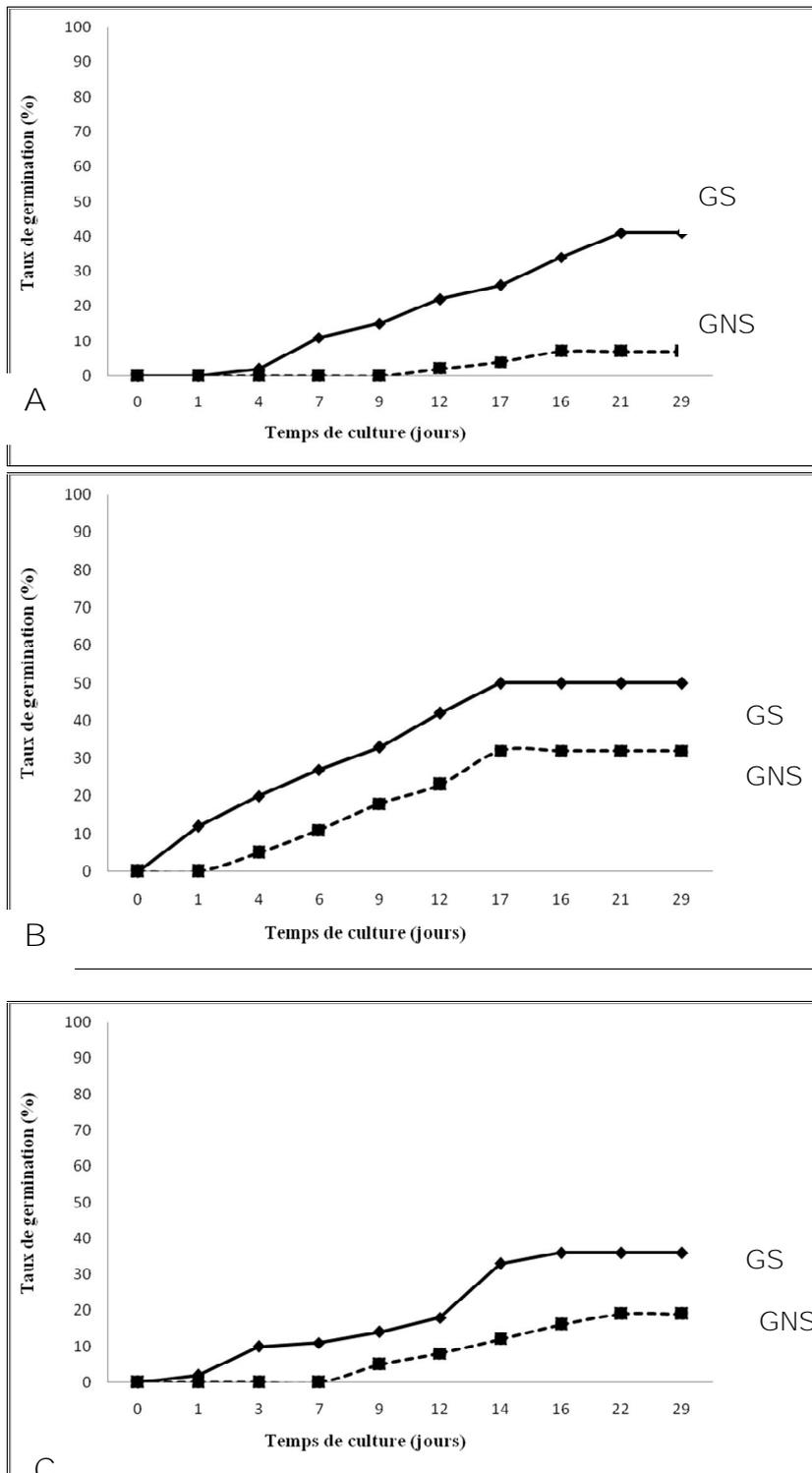


Figure 17: Variation du pourcentage de germination des graines de *Datura ferox* (Provenance de Ain Témouchent) en fonction du temps et de la scarification aux températures de A : 20°C ; B : 27°C et C : 30°C

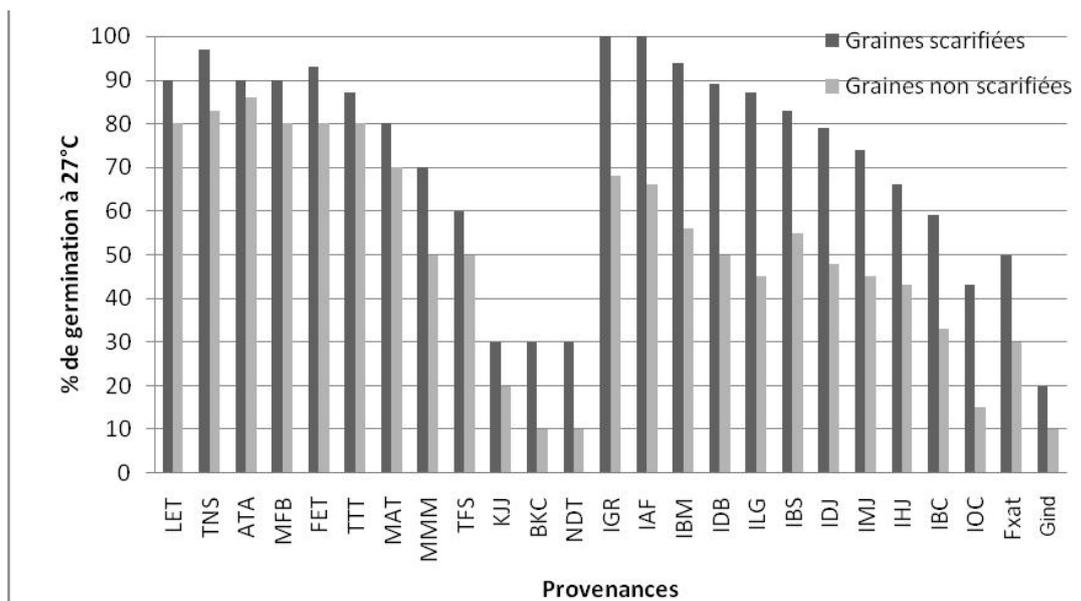


Figure 18 : Variation du pourcentage de germination à 27 °C des graines de toutes les provenances de *Datura* en fonction des provenances et de la scarification

### 3. Diversité intraprovenance des *Datura* en plein champs

Le présent essai a porté sur l'ensemble des provenances des 3 espèces. Il a été réalisé dans un milieu homogène (station expérimentale de l'E.N.S.A d'Alger : 36°75'28''N et 3°04'20''E), caractérisé par un climat subhumide, une altitude de 36m. Dans cette partie seront présentées, les 3 espèces séparément pour la diversité intraprovenance.

#### 3.1. Diversité intra provenance chez *Datura stramonium*

Le tableau n°09, montre les résultats de l'analyse statistique pour chacune des variables biométriques étudiées sur les 12 provenances prospectées. L'analyse des coefficients de variation indique, d'une part, une variabilité intra-spécifique très marquée pour l'ensemble des caractères biométriques des 5 provenances (MAT, FET, NDT, BKC et TNS) et d'autre part, pour les 7 autres provenances, une faible variation des caractères, liés à la biométrie des organes reproducteurs (LAC, LOC, LAG et LOG). Cette variation qu'elle soit faible ou forte, semble être liée au fond génétique de chaque provenance (Tableau,9). Les niveaux de variations sont :

- Faible variation C.V < 10 : faible : LOF, LAC, LOC, LOE, LOG et LAG
- C.V compris entre 10 et 20 : moyen : HP et PSCV
- C.V. >20 : fort : DC, NRP, NCP et SF

Moyenne, écart-type et coefficient de variation des caractères morphobiométriques des provenances de *D. stramonium*

Prov Provenances - M Moyenne ± E Ecartype - CV : coefficient de variance

NRP	NCP	LOF	SF	LOC	LAC	LOE	PSCV	LOG	LAG
79,83±25,73	18,58±15,84	97,73±3,73	14,36±11,35	38,19±1,34	27,92±1,17	3,71±0,29	1,38±0,25	3,82±0,13	2,79±0,12
32,22	85,22	3,81	79,06	3,52	4,18	7,74	18,25	3,52	4,18
56,33±46,74	6,58±1,73	112,09±4,05	10,29±8,42	42,38±1,50	29,69±0,91	5,64±0,26	1,34±0,15	3,66±0,11	2,90±0,14
82,97	26,28	3,61	81,84	3,55	3,07	4,52	10,93	2,99	4,72
49,50±30,79	21,92±16,17	98,94±12,15	8,33±7,11	38,43±1,88	27,11±1,26	5,00±0,43	1,37±0,37	3,44±0,12	2,76±0,15
62,21	73,76	12,28	85,31	4,88	4,65	8,51	26,96	3,35	5,39
112,25±21,42	28,75±7,16	103,77±4,00	9,20±4,35	51,32±2,12	32,78±2,58	7,86±0,45	1,53±0,17	3,58±0,09	2,76±0,14
19,08	24,91	3,86	47,26	4,13	7,86	5,70	11,26	2,40	5,07
108,50±25,40	10,67±2,15	93,16±4,66	16,15±10,72	37,85±0,95	27,30±0,88	3,89±0,42	1,45±0,16	3,30±0,09	2,66±0,16
23,41	20,12	5,01	66,42	2,50	3,21	10,88	10,88	2,84	5,88
121,17±47,31	32,25±10,69	89,31±2,79	8,33±4,82	42,27±1,15	29,73±1,53	5,33±0,49	1,29±0,17	3,43±0,14	2,75±0,14
39,05	33,14	3,12	57,89	2,73	5,14	9,22	13,16	3,95	5,19
118,20±46,94	1,40±1,06	102,93±3,77	12,42±7,99	39,03±0,69	30,08±0,83	3,98±0,34	1,25±0,19	3,39±0,09	2,81±0,16
39,71	75,40	3,66	64,30	1,77	2,78	8,61	15,02	2,76	5,63
±35,20	20,05±12,86	78,86±26,84	7,78±4,31	41,16±11,93	29,67±8,24	5,39±2,22	1,70±1,42	5,73±8,48	3,84±3,92
37,62	64,12	34,03	55,39	28,98	27,78	41,18	83,06	148,01	76,07
105,50±43,25	11,16±4,22	87,93±30,58	13,84±10,42	34,17±10,93	25,70±8,13	3,86±0,77	1,54±0,22	3,56±1,66	2,55±0,67
40,99	37,78	34,78	75,32	31,98	31,62	20,03	14,03	46,65	26,20
110,48±53,56	7,74±3,62	87,15±29,50	31,98±12,39	33,49±10,90	24,22±7,63	3,24±0,88	1,56±1,57	3,12±0,51	2,56±0,61
48,48	46,86	33,86	38,74	32,53	31,50	27,20	88,48	16,34	23,91
66,07±36,88	3,50±3,10	86,17±29,03	14,12±8,77	34,33±11,36	25,02±8,14	3,81±0,90	1,33±0,18	3,16±1,06	2,51±0,68
55,82	88,67	33,69	62,09	33,08	32,51	23,62	13,30	33,61	27,23
76,32±42,59	3,18±0,98	93,14±32,47	15,85±12,25	36,34±12,12	27,07±8,95	4,38±1,03	1,92±1,60	3,13±0,58	2,59±0,60
55,81	89,94	34,86	77,33	33,35	33,06	23,52	83,69	18,58	23,14

la moyenne, écart-type et coefficient de variation des caractères morphobiométriques des provenances de *D.inoxia*

Prov Provenances - M Moyenne ± Ecartype - CV coefficient de variance

	NRP	NCP	LOF	SF	LOC	LAC	LOE	PSCV	LOG	LAG
13	40,78±18,90	22,00±9,41	17,00±0,73	89,75±51,96	38,56±1,74	31,89±1,54	6,56±1,42	1,31±0,20	3,48±0,17	2,48±0,12
	46,35	42,76	4,28	57,90	4,51	4,82	21,72	14,92	4,86	4,99
14	68,89±21,63	28,22±13,99	16,87±0,64	84,56±55,21	37,11±2,03	32,56±2,35	6,56±1,59	1,30±0,21	4,16±0,14	3,23±0,11
	31,40	49,57	3,77	65,29	5,46	7,22	24,25	16,09	3,28	3,50
63	37,99±18,48	27,66±15,88	7,21±2,68	67,45±15,97	14,90±7,83	13,40±4,72	10,35±7,08	5,67±2,64	2,68±2,04	2,41±1,95
	48,65	57,40	37,17	23,68	52,55	35,22	68,40	46,56	75,92	81,05
20	47,33±12,08	21,50±5,96	18,08±0,51	81,85±52,07	34,00±1,41	32,00±1,79	8,33±2,50	1,96±0,17	4,41±0,19	3,21±0,17
	25,52	27,71	2,81	63,62	4,16	5,59	30,04	8,64	4,32	5,36
89	26,00±17,78	25,33±3,08	17,80±0,85	76,48±58,42	40,83±1,33	38,83±1,17	8,17±1,83	1,75±0,29	3,54±0,20	2,18±0,08
	68,37	12,15	4,75	76,40	3,26	3,01	22,47	16,62	5,66	3,72
4	41,17±9,87	15±5,59	18,55±0,46	84,07±42,53	41,83±1,17	40,50±1,87	7,50±2,07	1,89±0,07	4,43±0,20	3,11±0,10
	23,97	37,24	2,50	50,60	2,79	4,62	27,65	3,71	4,55	3,27
44	41,17±10,76	34,33±6,50	19,22±0,86	112,22±86,7 1	41,33±0,52	40,17±0,75	7,00±2,53	2,00±0,11	4,46±0,24	3,19±0,20
	26,14	18,94	4,48	77,27	1,25	1,87	36,14	5,29	5,42	6,24
34	49,33±12,60	29,33±9,09	19,67±0,61	95,55±64,68	42,00±1,67	41,50±1,97	6,33±2,16	1,30±0,20	4,27±0,17	3,11±0,11
	25,53	31,00	3,08	67,69	3,98	4,76	34,11	15,53	3,98	3,61
16	41,00±10,71	16,17±5,78	18,43±1,07	93,52±63,36	40,33±1,03	38,50±0,55	7,00±1,90	1,88±0,17	4,48±0,11	2,94±0,16
	26,13	35,73	5,80	67,75	2,56	1,42	27,11	8,98	2,55	5,55
70	38,83±12,62	28,33±4,18	19,28±0,40	82,59±46,34	41,67±0,82	40,00±1,41	7,17±1,83	1,93±0,18	4,58±0,13	3,26±0,08
	32,51	14,75	2,09	56,11	1,96	3,54	25,60	9,27	2,88	2,58
2,2	70,50±17,11	24,33±10,93	19,28±0,42	108,52±84,1	43,00±0,89	41,67±1,03	6,83±2,56	2,03±0,13	4,19±0,08	2,85±0,18
	24,27	44,92	2,19	77,51	2,08	2,48	37,50	6,34	2,02	6,23

### 3.2. Diversité intra provenance chez *Datura inoxia*

Pour *Datura inoxia*, la variation des caractères biométriques est très marquée pour les caractères liés à la morphologie de la plante (DC, NRP, NCP, SF et LOE), cette variation s'exprime pour 9 provenances étudiées. Par contre, les caractères liés à la fleur, la capsule et la graine (Organes reproducteurs) semblent être stables, et ce, pour l'ensemble des provenances à l'exception de celle de Draa Ben Kheda (IDB) qui présente une grande variation de l'ensemble des caractères biométriques mesurés (tableau,10).

- Faible variation C.V < 10 : faible : LOF, LAC, LOC PSCV, LOG et LAG
- C.V compris entre 10 et 20 : moyen : HP
- C V. >20 : fort : DC, NRP, LOE, NCP et SF.

## 4. Diversité inter-provenances des *Datura en plein champs*

### 4.1. Diversité interprovenance chez *Datura stramonium L.*

Les analyses de la variance montrent des effets très hautement significatifs pour l'ensemble des caractères étudiés (tableau,11). Ceci indique la présence d'une forte diversité interprovenance, synonyme d'une adaptation des provenances de *Datura stramonium* étudiées à leurs milieux d'origine. Les tests de la PPDS permettent, d'une part, de classer les différentes provenances en groupes homogènes et, d'autre part, de donner plus d'informations sur l'importance de la diversité les caractérisant (Annexe : II).

Tableau 11 : Résultats de l'analyse de la variance des caractères biométriques (plantes, capsules et graines) des 12 provenances de *D. stramonium*

Matériel végétal	Caractères	CM	ddl	Fobs	P	Signification
Plants	Surface foliaire (SF)	136,10	11 :168	10,74	0.0000	***
	Longueur des fleurs (LOF)	1,85	11 :168	24,18	0.0000	***
	Nombre de capsules par plant (NCP)	35,53	11 :168	35,70	0.0000	***
	Nombre de ramifications par plant (NRP)	37,00	11 :168	10,91	0.0000	***
	Hauteur du plant (HP)	11,72	11 :168	21,48	0.0000	***
	Diamètre au collet (DC)	5,48	11 :168	20,22	0.0000	***
Capsules	Longueur des capsules (LOC)	1,26	11 :168	104,09	0.0000	***
	Largueur des capsules (LAC)	0,41	11 :168	29,02	0.0000	***
	Longueur des épines (LOE)	1,03	11 :168	122,24	0.0000	***
	Poids secs des capsules vides (PSCV)	0,05	11 :168	7,73	0.0000	***
Graines	Longueur des graines (LOG)	0,05	11 :168	77,79	0.0000	***
	Largueur des graines (LAG)	0,04	11 :168	27,85	0.0000	***

#### 4.1.1. Morphologie des plants

Le facteur provenance exerce un effet très hautement significatif pour l'ensemble des caractères liés à la morphologie des plantes de *Datura stramonium* (Tableau,12). Les tests de la PPDS confirment ce résultat. La plus grande diversité morphologique se trouve au niveau de la longueur des fleurs montrant 10 groupes homogènes. Ainsi, la provenance TFS est en tête du classement avec les plus grandes fleurs (111,4 mm), suivie par les provenances TNS et MFB (107,19 mm et 103,45 mm respectivement) puis KJJ et FET (102,93 mm et 101,26 mm respectivement). La provenance MAT est caractérisée par les plus petites fleurs (88 mm). Le diamètre au collet et la surface des feuilles montrent chacun 6 groupes homogènes. Ces deux derniers caractères expriment assez bien la diversité interprovenance. Les provenances TTT (38,71 mm et 172,62 cm<sup>2</sup>) et NDT (38,87 mm et 377 cm<sup>2</sup>) occupent le premier rang. Par ailleurs, le nombre de capsules (NRC) et le nombre de ramifications (NRP), caractérisent moyennement la diversité interprovenance avec 5 groupes homogènes. Enfin, la hauteur de la plante est le caractère qui présente le moins de groupes homogènes, seulement 4. Ce dernier caractère ne semble pas être un bon critère pour la caractérisation morphologique des provenances de *Datura stramonium*. Il est plus lié à la fertilité de la station.

Tableau 12 : Résultats de l'analyse de la PPDS des caractères morphobiométriques des plants issus des provenances de *D. stramonium*

Provenances	Morphologie des organes de la plante					
	Surface foliaire (SF)	Longueur des fleurs (LOF)	Nombre de capsules par plant (NCP)	Nombre de ramifications par plant (NRP)	Hauteur du plant (HP)	Diamètre au collet (DC)
LET	140,68 <sup>bcde</sup>	98,91 <sup>fg</sup>	20,60 <sup>d</sup>	82,40 <sup>bc</sup>	110,60 <sup>d</sup>	35,68 <sup>de</sup>
FET	145,66 <sup>de</sup>	101,26 <sup>fgh</sup>	10,80 <sup>c</sup>	123,80 <sup>e</sup>	108,40 <sup>d</sup>	35,94 <sup>de</sup>
KJJ	124,23 <sup>abcde</sup>	102,93 <sup>gh</sup>	1,40 <sup>a</sup>	118,20 <sup>e</sup>	76,40 <sup>b</sup>	27,89 <sup>c</sup>
ATA	75,68 <sup>a</sup>	95,33 <sup>cd</sup>	21,00 <sup>d</sup>	48,80 <sup>a</sup>	62,20 <sup>a</sup>	20,66 <sup>a</sup>
MFB	90,27 <sup>abcd</sup>	103,45 <sup>hi</sup>	28,60 <sup>e</sup>	111,80 <sup>de</sup>	106,40 <sup>d</sup>	26,16 <sup>bc</sup>
TNS	181,35 <sup>e</sup>	107,19 <sup>i</sup>	3,80 <sup>a</sup>	89,00 <sup>bcd</sup>	95,20 <sup>c</sup>	34,05 <sup>d</sup>
BKC	138,89 <sup>cde</sup>	97,38 <sup>df</sup>	3,60 <sup>a</sup>	73,80 <sup>b</sup>	82,00 <sup>b</sup>	32,97 <sup>d</sup>
MMM	85,04 <sup>abc</sup>	88,97 <sup>ab</sup>	31,60 <sup>e</sup>	118,20 <sup>e</sup>	94,60 <sup>c</sup>	23,32 <sup>ab</sup>
TFS	107,48 <sup>abcd</sup>	111,34 <sup>j</sup>	6,40 <sup>b</sup>	52,80 <sup>a</sup>	78,40 <sup>b</sup>	23,35 <sup>ab</sup>
MAT	78,29 <sup>ab</sup>	88,05 <sup>a</sup>	24,80 <sup>de</sup>	104,40 <sup>cde</sup>	92,00 <sup>c</sup>	25,39 <sup>bc</sup>
TTT	172,62 <sup>e</sup>	92,79 <sup>bc</sup>	10,60 <sup>c</sup>	111,00 <sup>de</sup>	110,60 <sup>d</sup>	38,71 <sup>f</sup>
NDT	377,85 <sup>f</sup>	99,03 <sup>fg</sup>	8,00 <sup>bc</sup>	125,00 <sup>e</sup>	114,00 <sup>d</sup>	38,87 <sup>f</sup>
Nombre de groupes homogènes	6	10	5	5	4	6

Les lettres à côté des nombres représentent les groupes homogènes. Les valeurs ayant des lettres différentes sont statistiquement différentes à 5 %.

#### 4.1.2. Morphologie des capsules et des graines

L'analyse de la variance des données biométriques des capsules met en évidence des effets provenance très hautement significatifs. En effet, sur les 4 caractères liés à la biométrie des capsules, seulement 2 exercent des effets significatifs sur le caractère étudié (Tableau.13). Il s'agit de la largeur des capsules avec 8 groupes homogènes et de la longueur des épines avec 6 groupes homogènes. Les provenances de MFB et MAT sont caractérisées par les plus grandes largeurs de capsules (32,31 mm et 31,77 mm respectivement) alors que celles de NDT et d'ATA sont caractérisées par les plus petites largeurs de capsules (29,93 mm et 26,82 mm respectivement). Par ailleurs, la provenance MFB est dotée de capsules avec les plus grandes épines (7,85 mm) alors que la provenance NDT porte les plus petites épines (3,35 mm). Les autres provenances sont intermédiaires.

Concernant les graines, le facteur provenance exerce un effet très hautement significatif pour les 2 caractères liés à la biométrie des graines de *Datura stramonium* (Tableau.13). La largeur des graines exerce l'effet le plus significatif. Le test de la PPDS montre pour ce caractère 9 groupes homogènes. Les graines issues de MAT présentent les largeurs les plus élevées (3,08 mm). Elles sont suivies par celles de TFS (2,94 mm). Ces deux provenances sont issues des zones semi-arides. Les graines de FET présentent les plus faibles largeurs (2,46 mm). Elles sont issues d'une zone humide. Par ailleurs, la longueur des graines (6 groupes homogènes) discrimine assez bien la diversité des provenances de *D. stramonium* étudiées. La biométrie des graines se présente donc comme un bon marqueur morphologique pour l'étude de la diversité interprovenance chez *D. stramonium*.

Tableau 13 : Résultats de l'analyse de la PPDS des caractères morphobiométriques des capsules et des graines des provenances de *D. stramonium* -

Provenances	Morphologie					
	Capsules				Graines	
	Longueur des capsules (LOC)	Largeur des capsules (LAC)	Longueur des épines (LOE)	Poids secs des capsules vides (PSCV)	Longueur des graines (LOG)	Largeur des graines (LAG)
LET	38,11 <sup>ab</sup>	28,00 <sup>bc</sup>	3,76 <sup>b</sup>	1,33 <sup>abc</sup>	3,81 <sup>f</sup>	2,80 <sup>fg</sup>
FET	38,03 <sup>ab</sup>	28,85 <sup>cd</sup>	3,99 <sup>bc</sup>	1,64 <sup>e</sup>	3,18 <sup>a</sup>	2,46 <sup>a</sup>
KJJ	39,03 <sup>bc</sup>	30,08 <sup>ef</sup>	3,98 <sup>bc</sup>	1,25 <sup>a</sup>	3,39 <sup>c</sup>	2,81 <sup>g</sup>
ATA	38,73 <sup>abc</sup>	26,82 <sup>a</sup>	4,90 <sup>d</sup>	1,35 <sup>abc</sup>	3,40 <sup>c</sup>	2,71 <sup>def</sup>
MFB	51,14 <sup>f</sup>	32,31 <sup>h</sup>	7,85 <sup>f</sup>	1,57 <sup>de</sup>	3,57 <sup>d</sup>	2,78 <sup>fg</sup>
TNS	41,60 <sup>d</sup>	30,94 <sup>fg</sup>	4,75 <sup>d</sup>	1,65 <sup>e</sup>	3,30 <sup>b</sup>	2,67 <sup>cde</sup>
BKC	39,19 <sup>c</sup>	28,44 <sup>c</sup>	4,14 <sup>c</sup>	1,32 <sup>ab</sup>	3,15 <sup>a</sup>	2,51 <sup>ab</sup>
MMM	42,53 <sup>d</sup>	29,97 <sup>e</sup>	5,39 <sup>e</sup>	1,29 <sup>ab</sup>	3,45 <sup>c</sup>	2,75 <sup>efg</sup>
TFS	41,93 <sup>d</sup>	29,68 <sup>de</sup>	5,50 <sup>e</sup>	1,35 <sup>abc</sup>	3,66 <sup>e</sup>	2,94 <sup>h</sup>
MAT	43,80 <sup>e</sup>	31,77 <sup>gh</sup>	5,35 <sup>e</sup>	1,42 <sup>bc</sup>	3,86 <sup>f</sup>	3,08 <sup>i</sup>
TTT	37,91 <sup>a</sup>	27,51 <sup>ab</sup>	3,93 <sup>bc</sup>	1,47 <sup>cd</sup>	3,29 <sup>b</sup>	2,63 <sup>cd</sup>
NDT	37,79 <sup>a</sup>	26,93 <sup>a</sup>	3,35 <sup>a</sup>	1,22 <sup>a</sup>	3,27 <sup>b</sup>	2,59 <sup>bc</sup>
Nombre de groupes homogènes	4	8	6	5	6	9

Les lettres à côté des nombres représentent les groupes homogènes. Les provenances ayant des lettres différentes sont statistiquement différentes à 5 %

A l'issue de cette première partie de l'étude, nous ne retenons que les caractères morphologiques (SF, LOF, LAC, LAG, LOG, LOE, DC) ayant présenté 6 groupes homogènes et plus (synonyme d'une bonne diversité morphologique).

#### 4.1.3. Analyse en composantes principales (ACP)

Pour comprendre la structure de leurs différents caractères biométriques, les provenances de *Datura stramonium* cultivées en conditions expérimentales homogènes sont réparties dans un système d'axes définis par les plans de l'ACP. Cette analyse a porté sur les 12 provenances, les 7 variables quantitatives (SF, LOF, LAC, LAG, LOG, LOE, DC), en plus des teneurs en hyoscyamine et scopolamine.

En tenant compte des pourcentages de variation donnés par les 04 premiers axes, nous retenons le plan 1-2 qui se caractérise par les valeurs propres 4,923 pour l'axe F1 et 1,739 pour l'axe F2, axes qui expliquent respectivement 44,75 % et 15,81 % de la diversité soit 60,56 % de l'information totale (Figure,19).

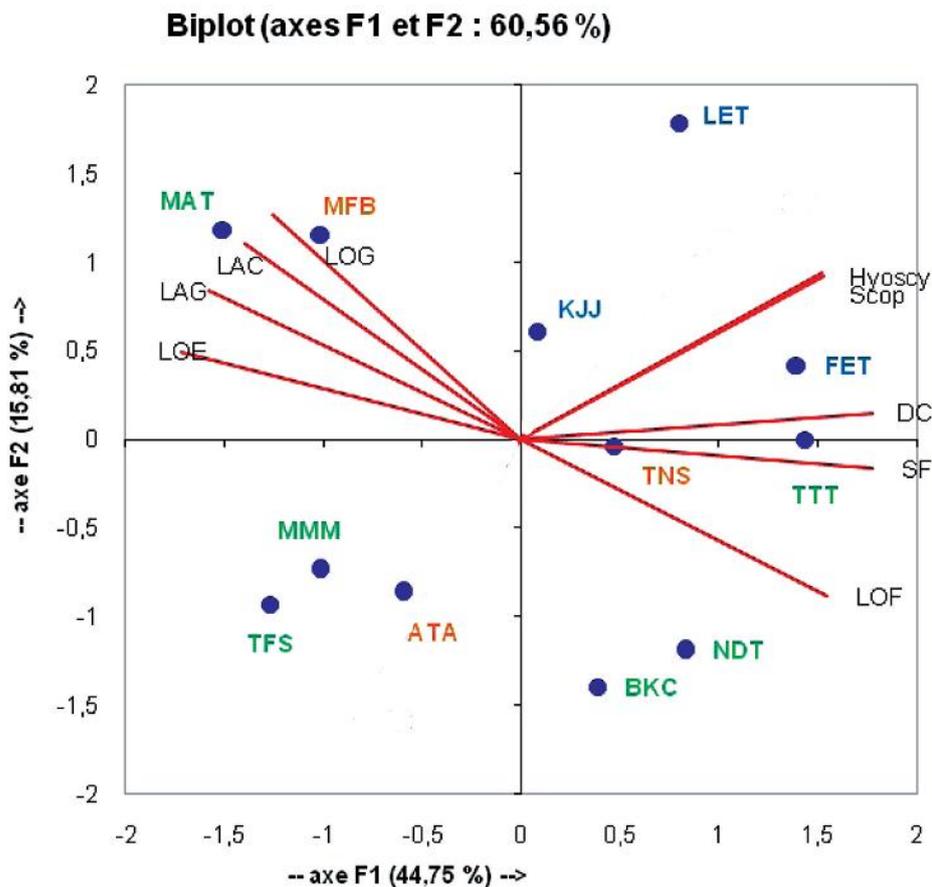


Figure 19 : Analyse en composantes principales portant sur les caractères morphologiques et biochimiques des 12 provenances de *Datura stramonium* (axes 1-2).

Ainsi, la partie positive de la première composante principale (F1) est déterminée par le diamètre au collet, la surface foliaire et la production alcaloïdique, variables positivement et significativement corrélées entre elles.

Ces variables caractérisent les provenances LET, FET, KJJ (Est algérien) et TTT de Tlemcen (Ouest algérien). La production alcaloïdique est corrélée avec le diamètre au collet, la surface foliaire. En effet, la provenance TTT produit en moyenne  $0,957 \text{ mg.g}^{-1}$  MS d'hyoscyamine et  $0,367 \text{ mg.g}^{-1}$  MS de scopolamine. La matrice des corrélations révèle que les provenances ayant les teneurs les plus élevées en alcaloïdes (FET, LET, TNS, NDT et KJJ) sont celles qui ont les plus grandes surfaces foliaires et les diamètres au collet les plus élevés. En revanche, la partie négative de cette même composante est représentée par la largeur des capsules, la longueur des épines, la longueur et la largeur des graines qui sont positivement et significativement corrélées entre elles. Ces variables caractérisent bien les provenances MAT

(semi-aride) et MFB (sub humide). Dans ce cas, il semblerait que les plants ayant une faible biomasse végétative développent de petites capsules portant de courtes épines et de petites graines (Annexe : III).

La deuxième composante principale (F2) est déterminée positivement par les provenances BKC, TNS ET NDT (semi-aride) caractérisées par des plants ayant des surfaces foliaires et des fleurs de plus grande dimension. Ces provenances ont produit en moyenne (0,76 mg.g<sup>-1</sup> MS pour l'hyoscyamine et 0,24 mg.g<sup>-1</sup> MS pour la scopolamine). Par ailleurs, la partie négative de cet axe est représentée par les provenances MMM, TFS (semi-aride) et ATA (subhumide) formant un groupe isolé de l'ensemble des provenances prospectées. La plus faible teneur en alcaloïdes est observée chez la provenance ATA (0,58 mg.g<sup>-1</sup> MS pour l'hyoscyamine et 0,223 mg.g<sup>-1</sup> MS pour la scopolamine).

#### 4.1.4. Analyse Factorielle Discriminante (AFD)

L'analyse des fonctions discriminantes en se basant sur les variables quantitatives de 180 observations est utilisée pour bâtir le modèle permettant de discriminer les 12 provenances. 9 fonctions discriminantes présentent des probabilités inférieures à 0,05. Elles sont donc statistiquement significatives à ce seuil. Quatre groupes de provenances sont nettement bien discriminés (Figure.20). Le premier axe permet déjà de les isoler convenablement. Ainsi, le premier groupe se distingue par la provenance du lac tonga LET (humide), originaire d'une zone de plein forêt près d'un lac. Le second groupe est caractérisé par les provenances MAT, TFS et MMM (semi-aride) en mélange avec l'unique provenance ATA de l'étage subhumide. Le troisième groupe est caractérisé par les provenances de MFB (subhumide) qui s'isole à part. Quant au quatrième groupe, il réunit trois provenances du semi- aride (BKC, TTT et NDT) et trois provenances originaires de l'étage humide (FET, KJJ et TNS). Au vu de ces résultats, l'étage bioclimatique à lui seul, ne semble pas jouer un rôle décisif dans la discrimination des provenances étudiées. Ce serait la station pédoclimatique d'origine dans son ensemble qui jouerait un effet prépondérant dans la discrimination des provenances étudiées.

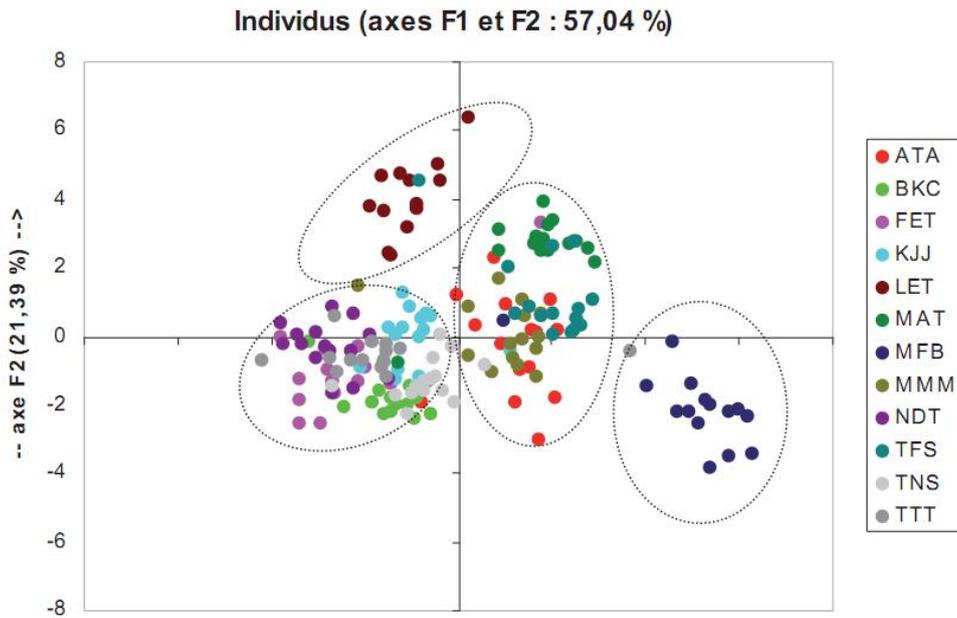


Figure 20 : Analyse factorielle discriminante des 12 provenances de *D. stramonium*.

#### 4.1.5. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

Cette méthode est adoptée car elle permet d'effectuer des classifications hiérarchisées. Elle permet de scinder les provenances en plusieurs classes et sous-classes. Ainsi, des classes seront constituées afin de déterminer les provenances les plus proches.

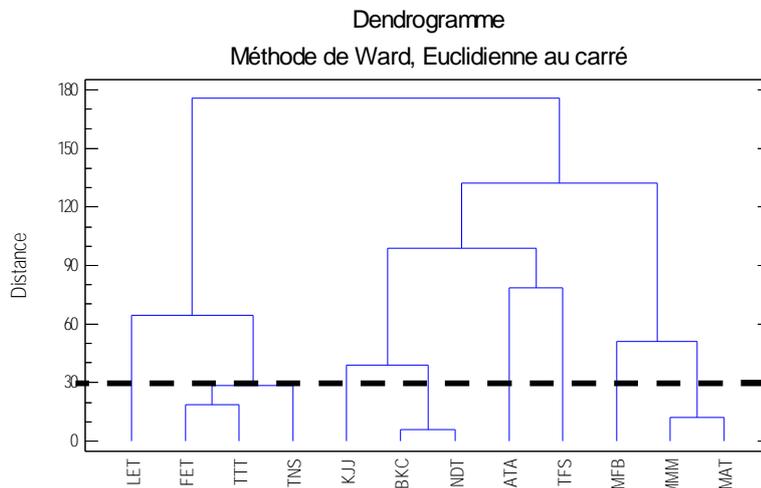


Figure 21 : Dendrogramme de distance entre les provenances de *Datura stramonium* issus de l'analyse hiérarchique basée sur les données biométriques

La classification hiérarchique des 12 provenances de *Datura stramonium* permet de mettre en évidence 8 groupes (Figure, 21; Tableau,14). Ainsi, la provenance appartenant au groupe I est caractérisée par son habitat forestier d'origine, en effet, la provenance du Lac tonga (LET), s'isole des autres provenances, ce qui confirme les résultats de l'AFD.

Les provenances appartenant au groupe II sont caractérisées par la diversité de leurs origines. En effet, malgré leur éloignement géographique d'origine, les trois provenances, une de l'Est Algérien FET (Frine), les deux autres de l'Ouest, TTT de Tlemcen et TNS de Tenès, semblent être très proches. Ces plants des différentes provenances ont donné des plants de grandes taille et à fort diamètre.

Le troisième groupe est constitué par la provenance KJJ de Jijel (Est), récoltée dans la région de Kennar, une région humide à moyenne altitude.

Le quatrième groupe comporte les provenances de BKC et NDT d'origine Ouest à bioclimat semi aride), elles sont caractérisées par leurs éloignements géographiques d'origine et appartenant au même étage bioclimatique.

La provenance ATA de Ain Taya (origine centre), appartient au groupe V.

Le groupe VI discrimine la provenance TFS de Saida, ses plants sont caractérisés par la plus faible vigueur des plantes (HP, NRP, etc).

Le groupe VII : discrimine la provenance MFB (d'origine sub- humide), qui s'isole des autres provenances, cela confirme encore une fois les résultats de l'AFD.

Le groupe VIII, renferme les deux provenances de l'Ouest (MMM et MAT) qui sont proches géographiquement.

Tableau 14 : Groupe des provenances de *Datura stramonium* issus de la classification hiérarchique

Groupe	Provenances
I	LET
II	FET .TTT. TNS
III	KJJ
IV	NDT. BKC
V	ATA
VI	TFS
VII	MFB
VIII	MMM. MAT

## 4.2. Diversité interprovenances chez *Datura inoxia*

### 4.2.1. Caractérisation biométrique des plants

Le *Datura inoxia* se caractérise par des plants présentant une forte biomasse, avec de grandes feuilles vertes assez charnues et munies de longs pétioles, une surface foliaire moyenne d'environ  $93.89 \pm 12.71 \text{cm}^2$ , de grandes fleurs blanches érigées et dressées vers le haut d'une longueur moyenne de  $180.6 \pm 8.5 \text{ mm}$ . Les tiges sont duveteuses et d'un vert clair d'un diamètre moyen au collet de  $20.7 \pm 2.1 \text{ mm}$ , une hauteur moyenne de  $85.90 \pm 11.08 \text{ cm}$  et de nombreuses ramifications par plant (en moyenne de  $47.21 \pm 14.02$ ). Les fruits sont des capsules globuleuses et pendantes (en moyenne de  $24.70 \pm 5.42$  capsules par plant).

L'étude des caractères morphologiques menée sur *Datura inoxia*, de différentes provenances algériennes, a révélé une diversité remarquable. En effet, les analyses de la variance réalisées sur les caractères biométriques, montrent des effets hautement significatifs pour l'ensemble des caractères étudiés (Tableau, 15; Annexe IV) à l'exception de la Surface foliaire (SF) et de la longueur des épines. Ces deux caractères sont peu variables pour *Datura inoxia*. Pour les autres caractères, il existe une forte variabilité inter provenance à l'instar de celle déjà relevée chez *Datura stramonium*. Les tests de la PPDS, ont permis de classer les différentes provenances en groupes homogènes (Tableau, 15).

Tableau 15 : Résultats de l'analyse de la variance des caractères biométriques (plantes, capsules et graines) des 11 provenances de *D. inoxia*

Matériel végétal	Caractères	CM	$ddl_b^a$	Fobs	P	Signification
Plants	SF	1036.83	10/88	0.27	0.9871	N.S
	LOF	8.27	10/88	15.55	0.0000	***
	NCP	265.27	10/88	3.05	0.0023	**
	NRP	1769.96	10/88	7.69	0.0000	***
	HP	1106.53	10/88	7.06	0.0000	***
	DC	0.39	10/88	2.22	0.0234	**
Capsules	LOC	0.68	10/88	35.68	0.0000	***
	LAC	1.35	10/88	58.88	0.0000	***
	LOE	0.032	10/88	0.83	0.5998	NS
	PSCV	0.90	10/88	28.38	0.0000	***
Graines	LOG	1.23	10/88	39.36	0.0000	***
	LAG	1.10	10/88	32.25	0.0000	***

Surface foliaire (SF) ; Longueur des fleurs (LOF) ; Nombre de capsules par plant (NCP) ; Nombre de ramifications par plant (NRP) ; Hauteur du plant (HP) ; Diamètre au collet (DC) ; Longueur des capsules (LOC) ; Largeur des capsules (LAC) ; Longueur des épines (LOE) ; Poids secs des capsules vides (PSCV) ; Longueur des graines (LOG) ; Largeur des graines (LAG) ; \*\*\* Très hautement significatifs ; \*\* hautement significatif ; N.S non significatif.

#### 4.2.2. Caractères morphobiométriques des plants

Les tests de la PPDS (Tableau, 16) montrent des résultats différents d'un caractère à un autre. Le caractère nombre de ramification (NRP) semble être l'unique caractère, manifestant la plus grande variabilité des provenances avec 6 groupes homogènes. Ainsi, la provenance IBS de Boussaâda vient en tête du classement avec des plants très ramifiés, suivie par les provenances IMJ, IDB et IOC. Les provenances IGR et ILG, sont caractérisées respectivement par de faibles ramifications et des plants de petite taille.

Sur les six caractères liés à la morphologie des plants de *Datura innoxia*, les deux relatifs à la vigueur des plants (HP et NCP), semblent moyennement discriminer les différentes provenances (5 groupes homogènes). De même, le caractère NRP discrimine bien les provenances (6 groupes homogènes). Ainsi, la provenance de Boussaâda produit des plants très ramifiés. Les caractères diamètre au collet (DC) et longueur de la fleur (LOF) (3 à 4 groupes homogènes pour chaque caractère) caractérisent faiblement la variabilité interprovenances. Les provenances de Djelida (IDJ) et d'Oued Sly (IOC), occupent les premiers rangs en produisant des plants à fort diamètre au collet.

Tableau 16: Résultats de l'analyse de la PPDS des caractères morphobiométriques des plants et des fleurs issus des provenances de *D.innoxia*

Provenances	caractères					
	Surface foliaire (SF)	Longueur des fleurs (LOF)	Nombre de capsules par plant (NCP)	Nombre de ramifications par plant (NRP)	Hauteur du Plant (HP)	Diamètre au collet (DC)
ILG	89.74	170 a	22 abc	40.77 bc	66.88 a	18.6 ab
IMJ	84.56	168.6 a	28.22 cde	68.88 ef	80.66 bc	20.0 abc
IDB	117.89	169 a	25.44 bcde	55.33 de	85 bcd	18.9 ab
IBM	87.03	184 bc	19.55 abc	42.11 bcd	77.22 abc	20.5 abc
IGR	90.24	183.9 bc	25.22 bcde	25.66 a	75 ab	16.7 a
IAF	86.66	183.6 b	19. ab	43.44 bcd	86.77 cd	21.3 bc
IDJ	106.29	190.8 d	31 de	41 bc	94.33 d	23.2 c
IOC	95.05	196.3 d	33.44 e	53.11 cd	86.88 cd	23.1 c
IBC	92.58	183.5 b	15.33 a	37.22 ab	88.88 cd	21.6 bc
IHJ	84.31	189.7 bcd	28.22 cde	39.22 abc	95.88 de	21.0 bc
IBS	104.56	190.7 cd	24.22 bcd	72.66 f	107.44 e	23.4 c
groupes homogènes	N.S	4	5	6	5	3

Les provenances ayant des lettres différentes sont statistiquement différentes à 5%. N.S : non significatif

#### 4.2.3. Caractères morphobiométriques des capsules et des graines

L'analyse de la variance réalisée sur les données biométriques des capsules met en évidence des effets provenance très hautement significatifs à l'exception du caractère longueur des épines. En effet, parmi les 4 caractères liés à la biométrie des capsules, seulement deux se sont montrés assez bien discriminants des provenances étudiées (Tableau,17). Il s'agit respectivement du caractère longueur des capsules (LOC) avec 7 groupes homogènes et du caractère largeur de la graine (LAG) avec 6 groupes homogènes. Concernant la longueur des capsules, la provenance IBS de Boussaâda est caractérisée par les plus grandes capsules, comportant de petites graines. Cependant, celles d'IBM, IMJ et ILG issues des zones humides et subhumides, sont caractérisées par les plus petites capsules.

Concernant la morphologie de la graine de *Datura inoxia*, le facteur provenance exerce un effet très hautement significatif pour un seul caractère : la largeur de la graine (LAG) qui se montre comme le caractère le plus discriminant des provenances. Les graines issues des provenances d'El Milia (IMJ) et de Hammam Bouhdjar (IHJ) présentent les largeurs les plus élevées. Ces deux provenances sont issues, respectivement, des zones humides et semi-arides. Les graines d'IGR (Guerouaou) présentent les plus faibles largeurs. Elles sont issues d'une zone subhumide. Par ailleurs, le caractère longueur des graines (LOG) avec 4 groupes homogènes est faiblement influencé par le facteur provenances.

Tableau 17 : Résultats de l'analyse de la PPDS des caractères morphobiométriques des capsules et des graines des plants issus des provenances de *D. inoxia*

Provenances	Morphologie					
	Capsules			Graines		
	Longueur Des capsules (LOC)	Largeur des capsules (LAC)	Longueur des épines (LOE)	Poids secs des capsules vides (PSCV)	Longueur des graines (LOG)	Largeur des graines (LAG)
ILG	38.4 c	31.8a	6.55	1.31a	3.48a	2.48b
IMJ	37.1 b	32.5a	6.55	1.29a	4.16b	3.23f
IDB	41.1 def	39.7bc	7.55	1.98c	4.22bc	2.90cd
IBM	33.7 a	31.7a	8.33	2.02c	4.43d	3.15ef
IGR	41.0 de	38.8b	7.77	1.81b	3.49a	2.12a
IAF	42.0 efg	40.7cde	7.44	1.91bc	4.42d	3.09ef
IDJ	40.5 d	39.4bc	7.11	2c	4.44d	3.20ef
IOC	42.3 fg	41.4de	6.22	1.25a	4.37cd	3.16ef
IBC	40.7 de	39.0b	7.11	1.92bc	4.42d	3.03de
IHJ	41.8 ef	40.2bcd	7.11	1.95 bc	4.53d	3.20f
IBS	43.2 g	41.6e	7.0	2.04c	4.19b	2.80c
Nombre De groupes homogènes	7	5	N.S	3	4	6

#### 4.2.4. Analyse en composantes principales (ACP)

Pour *D. inoxia*, à l'instar de *D. stramonium*, nous n'avons retenu que les caractères ayant présenté 6 groupes homogènes et plus (synonyme d'une bonne variabilité morphologique) pour réaliser des analyses multivariées. Cette analyse permettra de comprendre la structure des différents caractères biométriques des 11 provenances de *Datura inoxia* cultivées en conditions expérimentales homogènes. La répartition de ces dernières, est faite dans un système d'axes ou composantes définies par différents plans. Cette analyse porte sur les onze (11) provenances, les 3 variables quantitatives (NRP, LOC, LAG) et les teneurs en Hyoscyamine (HS) et scopolamine (SL).

En tenant compte des pourcentages de variation des données par les quatre premiers axes, nous ne retiendrons que le plan 1-2 qui se caractérise par les valeurs propres 2,648 pour l'axe F1 et 1.094 pour l'axe F2 qui expliquent respectivement 52.96 et 21.88 % de la variabilité soit 74.84 % de l'information totale (Tableau,18).

Tableau 18 : Contribution des variables à la constitution des Axes F1 et F2

	F1	F2
Valeur propre	2,648	1,094
% variance	52,960	21,887
% cumulé	52,960	74,848

En effet, l'axe F1, est caractérisé par la contribution des 4 variables dont les plus importantes (> 10%) sont : l'hyoscyamine HS (27.82 %), la scopolamine SL (27.53 %), le nombre de ramifications par plant "NRP" (24.22 %) et la largeur et de la graine "LAG" (11.94 %). Quant à l'axe F2, il est caractérisé aussi, par la contribution de 4 variables dont les plus importantes (> 10%) sont : la longueur des capsules "LOC" (41.99%), la scopolamine "SL" (23.14 %), la largeur de la graine "LAG" (14,69 %) et l'hyoscyamine "HS" (13.61 %) de l'information totale (Tableau,19 et figure,22).

Tableau 19 : Contribution des variables aux axes (F1, F2)

Variabes	Axe F1	Variabes	Axe F2
HS	27,822	LOC	41,998
SL	27,535	SL	23,149
NRP	24,226	LAG	14,694
LAG	11,943	HS	13,612
LOC	8,475	NRP	6,547

L'analyse en composantes principales a mis en évidence une bonne répartition des variables et provenances sur les deux axes F1, F2. Ainsi, trois (03) ensembles sont obtenus; le premier groupe, celui des provenances issues des régions semi arides d'altitude Djelida (IDJ), Hammam Bouhdjar (IHJ) et la région aride de Boussaâda (IBS) et deux provenances du sub-humide et humide de basses altitudes, respectivement celles de Draa Benkheda (IDB) et d'El Milia (IMJ), qui se caractérisent en général par une bonne production alcaloïdique. Les autres provenances sont caractérisées par des plants très ramifiées. Le deuxième groupe est constitué par les provenances des régions humides et sub humides de Beni Merad (IBM) et d'El Milia (IMJ) qui sont caractérisées par des graines assez larges. Le troisième groupe est représenté par les provenances de Guerouaou (IGR), d'El Attaf (IAF), Boukadir (IBC) et Oued Sly (IOC) et de Lac Tonga (ILG) qui présentent les caractères biométriques les plus faibles à l'exception de la longueur des capsules. (Figure, 22).

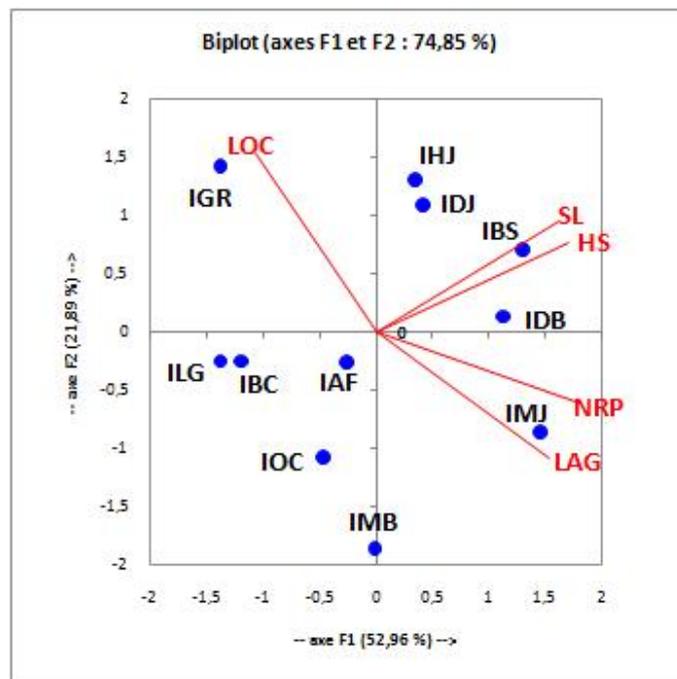


Figure 22: Analyse en composantes principales des 11 provenances de *Datura inoxia* (axes 1-2).

#### 4.2.5. Analyse Factorielle Discriminante (AFD)

L'analyse des fonctions discriminantes en se basant sur les variables quantitatives de 99 observations est utilisée pour bâtir un modèle permettant de discriminer les 11 provenances. Trois fonctions discriminantes présentent des probabilités inférieures à 0,05. Elles sont donc statistiquement significatives au seuil de confiance de 95 %. Six groupes de provenances sont nettement bien discriminés (Figure, 23). Le premier axe F1, permet déjà de les isoler convenablement. Ainsi, le premier groupe se distingue par la provenance de Boussaâda (IBS) caractérisée par une bonne ramification des plants, de grandes capsules et une bonne production alcaloïdique. Le deuxième groupe opposé au premier, est représenté par la provenance d'El Milia (IMJ), issue des régions humides et caractérisée aussi par des plants très ramifiés mais produisant de petites capsules, quant au troisième groupe, il réunit les cinq provenances originaires du semi aride (AIF, IBC, IDJ, IHJ et OIC) et une provenance originaire du sub-humide (IDB). Au même titre que *D. stramonium*, les provenances de *Datura inoxia*, ne semblent pas être influencées, pour les caractères retenus, par les effets de l'étage bioclimatique d'origine. Pour ce qui est de l'axe F2, il discrimine bien trois autres groupes appartenant tous à l'étage bioclimatique humide et sub-humide. Le premier groupe est représenté par la provenance de Beni Merad (IBM), caractérisée par des plants peu ramifiés, produisant de petites capsules et peu rentable en production d'alcaloïdes. Le deuxième groupe est représenté par la provenance du lac Tonga (ILG) (origine humide), dont les graines ont été récoltées sur des plants de *Datura* se trouvant en pleine forêt à la lisière de la forêt de *Pinus pinaster* près du lac, sur un sol sablonneux. Le troisième groupe est caractérisé par la provenance de Guerrouaou IGR (origine sub-humide) qui s'isole à part. Cette provenance est caractérisée par des plants très peu ramifiés et des capsules de taille moyenne.

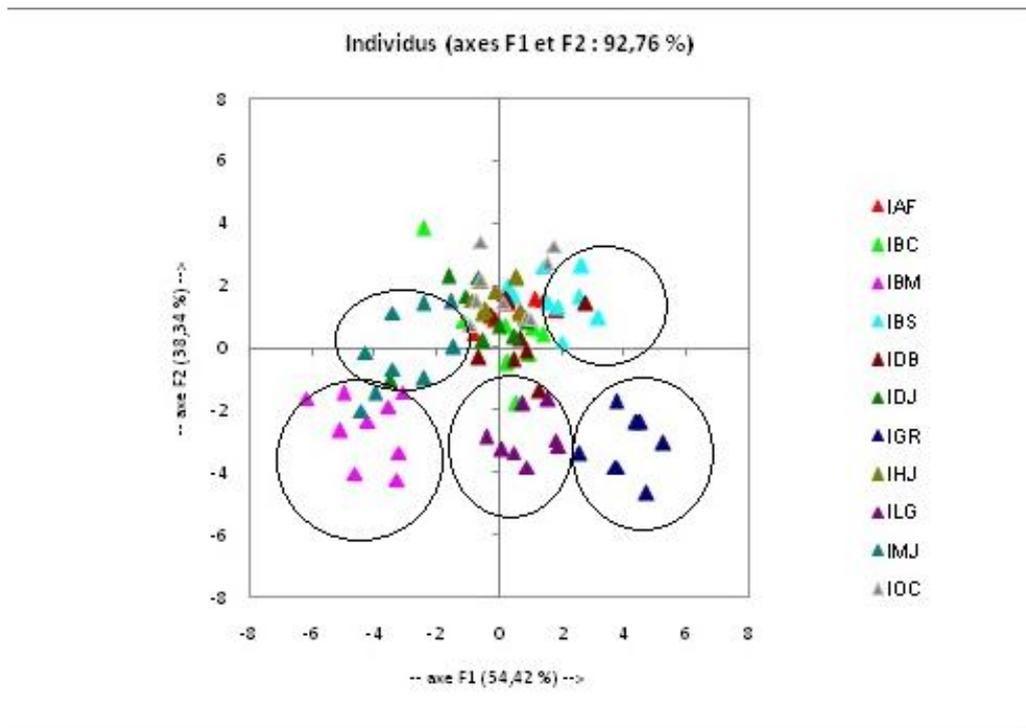


Figure 23: Analyse factorielle discriminante des 11 provenances de *D. innoxia*

#### 4.2.6. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

Le dendrogramme obtenu à partir des moyennes des différents caractères biométriques évalués sur les provenances de *Datura innoxia* par le biais de la méthode d'agrégation de Ward, révèle le regroupement des onze (11) provenances étudiées en sept groupes distincts (Figure, 24 et Tableau, 20).

- Le premier agrégat est constitué par la provenance du Lac Tonga (ILG) issue de l'Est Algérien, et l'étage bioclimatique humide. Celle-ci a produit des plants peu ramifiés, de taille petite et caractérisés par des fleurs courtes, des petites capsules et des graines de petite taille.
- Le deuxième groupe est représenté par la provenance de Guerouaou (IGR) du centre Algérien, de l'étage bioclimatique sub-humide. Cette provenance est caractérisée par des plants peu vigoureux (DC, NRP HP), et produit de courtes fleurs et des graines de petite taille.
- Le troisième agrégat est représenté par la provenance de Draa Ben Kheda (IDB) qui produit des plants dont le NRP est moyen et produisant de courtes fleurs.

- Le quatrième groupe est formé par les provenances de l'Ouest Algérien. Il regroupe les provenances de Boukadir (IBC), d'El Attaf (IAF), d'Oued Sly (IOC), de Hammam Bouhdjar (IHJ) et de Djelida (IDJ), issues toutes de l'étage bioclimatique semi-aride. Ces provenances sont caractérisées par des fleurs de taille intermédiaire, des plants de grande taille et des graines de grande dimension. Les plus faibles distances sont celles enregistrées, d'une part, entre les provenances IDJ, IAF et IHJ et, d'autre part, entre IOC et IBC. Ces provenances de l'ouest algérien, sont très proches du point de vue morphologie et origine géographique.
- Le cinquième agrégat est représenté par la provenance issue de Boussaâda (IBS), de l'étage bioclimatique aride, qui est caractérisée par des plants vigoureux (hauteur, diamètre au collet et nombre de ramification important) et ayant les plus grandes fleurs (longueur) avec de grandes capsules et produisant de petites graines.
- Le sixième groupe est représenté par la provenance d'El Milia issue de l'Est Algérien, caractérisée par des plants ramifiés mais moins vigoureux et produisant des fleurs courtes et de petites capsules contenant des graines de grande taille.
- Pour ce qui est du septième agrégat, il est représenté par la provenance de Beni Merad, caractérisée par des plants moyennement vigoureux, produisant des fleurs de taille moyenne et de petites capsules avec des graines de grande taille.

Il y a lieu de remarquer que les provenances de l'étage bioclimatique semi aride se regroupent sous un cluster et se rapprochent parfaitement du point de vue distance de similitude. Par contre, les autres provenances s'isolent en formant des agrégats différents (Figure, 24).

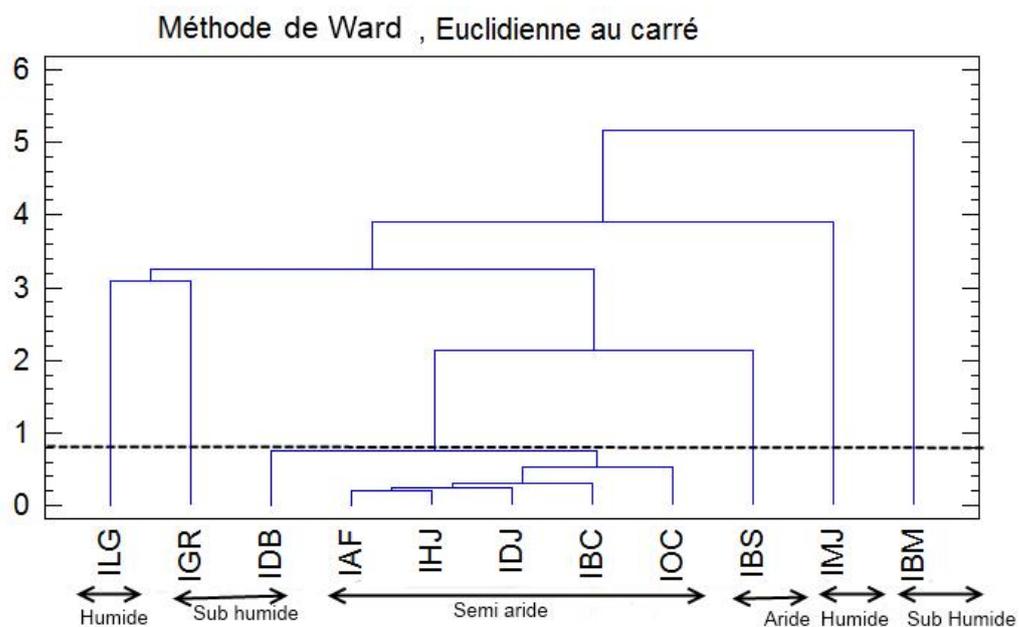


Figure 24: Distance entre les provenances de *Datura innoxia* issus de l'analyse hiérarchique basée sur les données biométriques

Tableau 20 : Agrégation des provenances de *Datura innoxia* issus de la classification hiérarchique

Groupe	Provenances
I	ILG
II	IGR
III	IDB
IV	IAF, IHJ, IDJ, IBC, IOC
V	IBS
VI	IMJ
VII	IBM

## 5. Diversité morphologique interspécifique et interprovenance des *Datura* en plein champ

Les analyses de la variance réalisées sur les paramètres biométriques, montrent des effets très hautement significatifs pour l'ensemble des caractères étudiés (tableau, 21). Cette forte variabilité des caractères, indique la présence d'une forte variabilité interspécifique. Les tests de la PPDS, ont permis de classer les différentes provenances des différentes espèces en groupes homogènes (tableau, 21 et Annexe VI).

Tableau 21: Résultats de l'analyse de la variance des caractères morphobiométriques des plants de l'ensemble des espèces et de leurs provenances

Matériel végétal	Caractères	CM	$ddl_b^a$	Fobs	P
Plants	SF	49736.3	24 /274	7.85	0.0000
	LOF	215.84	24 /274	607.97	0.0000
	NCP	1230.07	24 /274	17.72	0.0000
	NRP	672878	24 /274	31.52	0.0000
	HP	4998.72	24 /274	26.87	0.0000
	DC	3037.65	24 /274	149.13	0.0000
Capsules	LOC	219.65	24 /274	101.38	0.0000
	LAC	343.60	24 /274	166.27	0.0000
	LOE	88.42	24 /274	31.67	0.0000
	PSCV	0.97	24 /274	24.57	0.0000
Graines	LOG	2.51	24 /274	140.42	0.0000
	LAG	0.94	24 /274	42.84	0.0000

Surface foliaire (SF) ; Longueur des fleurs (LOF) ; Nombre de capsules par plant (NCP) ; Nombre de ramifications par plant (NRP) ; Hauteur du plant (HP) ; Diamètre au collet (DC) ; Longueur des capsules (LOC) ; Largeur des capsules (LAC) ; Longueur des épines (LOE) ; Poids secs des capsules vides (PSCV) ; Longueur des graines (LOG) ; Largeur des graines (LAG) ; \*\*\* Très hautement significatifs.

### 5.1. Caractères morphobiométriques des plants

Les facteurs espèce et provenance exercent un effet très hautement significatif pour l'ensemble des caractères liés à la morphologie des plants de *Datura sp* (figure, 22). Les tests de la PPDS (tableau, 22) montrent des résultats différents d'un caractère à un autre. Le caractère longueur de la fleur (LOF), manifeste la plus grande variabilité des caractères étudiés avec 14 groupes homogènes. Ainsi, toutes les provenances de *Datura innoxia* viennent en tête du classement présentant de grandes fleurs, suivies par celles des provenances de *Datura stramonium*. La provenance (FxAT) de *Datura ferox*, est caractérisée par des fleurs de petite taille. Cependant, le génotype indéterminé, se classe entre *D ferox* et *D. stramonium* avec des fleurs de taille intermédiaire.

Les six autres caractères qui caractérisent la vigueur des plants de *Datura* sp. discriminent parfaitement les différentes provenances des différentes espèces. Le nombre de groupes homogènes est élevé (7 à 14 groupes homogènes) traduit une fois de plus la variabilité inter et intraspécifique chez les *Datura*. Concernant la longueur des fleurs, pour *Datura innoxia*, la provenance (IOC) d'Oued Sly, présente les fleurs les plus longues ( $196.33 \pm 1.98$ ) mm. Pour *Datura stramonium*, la provenance (TFS) de Tefrine (Saida) présente des fleurs de taille moyenne ( $111.34 \pm 1.53$ ) mm. Chez *Datura ferox*, la provenance (FxAT) d'Ain Témouchent, produit des fleurs blanches de petite taille ( $61.33 \pm 1.98$ ) mm. Pour le génotype indéterminé, la taille des fleurs reste intermédiaire entre celles de *Datura stramonium* et *Datura ferox* ( $92.04 \pm 1.79$  mm). Par ailleurs, la surface foliaire caractérise bien la variabilité interspécifique avec 7 groupes homogènes. Ce caractère semble très variable, notamment chez *Datura stramonium* mais non discriminant chez *Datura innoxia*.

En général, la taille des plants reste un caractère discriminant des différentes espèces de *Datura*. En effet, les plants de *Datura innoxia* et de *Datura ferox* sont de petite taille comparativement à ceux de *Datura stramonium*, quant, au génotype indéterminé sa vigueur dépasse de loin celles des trois espèces étudiées. Ce caractère traduirait un certain hétérosis qui serait issu du croisement entre en *D. stramonium* et *D. ferox*.

#### 5.1. Caractères morphobiométriques des capsules et des graines

L'analyse de la variance réalisée sur les données biométriques des capsules met en évidence des effets interspécifiques et interprovenances très hautement significatifs. En effet, tous les caractères liés à la biométrie des capsules, discriminent assez bien les espèces des *Daturas* étudiées (tableau, 23). Il s'agit des deux caractères liés à la longueur et la largeur des capsules (LOC et LAC) avec 13 groupes homogènes, la longueur des épines (LOE) et le poids sec des capsules vides (PSCV) avec 10 groupes homogènes. Ainsi, le génotype indéterminé et *Datura ferox*, produisent des capsules de grande taille comparativement aux autres espèces. Cependant, les provenances de *Datura stramonium* et *Datura innoxia* sont caractérisées par des capsules de taille très variable mais qui restent petites comparativement aux autres espèces. Par ailleurs, le caractère longueur des épines est aussi variable selon les espèces. Ainsi le génotype indéterminé et *Datura ferox* sont caractérisés par des épines de grande taille comparativement à celles de *D. innoxia* et *D. stramonium*.

Tableau 22 : Résultats de l'analyse de la PPDS des caractères morphobiométriques des plants de l'ensemble des espèces et de leurs provenances.

Provenances	Morphologie des organes de la plante					
	Surface foliaire (SF)	Longueur des fleurs (LOF)	Nombre de capsules par plant (NCP)	Nombre de ramifications par plant (NRP)	Hauteur du Plant (HP)	Diamètre au collet (DC)
ILG	89.74 <sup>abc</sup>	170 <sup>k</sup>	22 <sup>def</sup>	40.77 <sup>ab</sup>	66.88 <sup>ab</sup>	1.86 <sup>ab</sup>
IMJ	84.56 <sup>abc</sup>	168 <sup>k</sup>	28.22 <sup>fghi</sup>	68.88 <sup>cdef</sup>	80.66 <sup>cd</sup>	2.0 <sup>abcd</sup>
IDB	117.89 <sup>abcdef</sup>	169 <sup>k</sup>	25.44 <sup>efgh</sup>	55.33 <sup>bcde</sup>	85 <sup>cde</sup>	1.89 <sup>abc</sup>
IBM	87.03 <sup>abc</sup>	184 <sup>l</sup>	19.55 <sup>de</sup>	42.11 <sup>abc</sup>	77.22 <sup>bcd</sup>	2.05 <sup>a</sup>
IGR	90.24 <sup>abcd</sup>	183.9 <sup>l</sup>	25.22 <sup>efgh</sup>	25.66 <sup>a</sup>	75 <sup>bc</sup>	1.67 <sup>a</sup>
IAF	86.66 <sup>abc</sup>	183.6 <sup>l</sup>	19 <sup>de</sup>	43.44 <sup>abc</sup>	86.77 <sup>cde</sup>	2.13 <sup>abcde</sup>
IDJ	106.29 <sup>abcdef</sup>	190.8 <sup>m</sup>	31 <sup>ghi</sup>	41 <sup>ab</sup>	94.33 <sup>e</sup>	2.32 <sup>bcdef</sup>
IOC	95.05 <sup>abcde</sup>	196.3 <sup>n</sup>	33.44 <sup>i</sup>	53.11 <sup>abcde</sup>	86.88 <sup>cde</sup>	2.31 <sup>bcdef</sup>
IBC	92.58 <sup>abcd</sup>	183.5 <sup>l</sup>	15.33 <sup>cd</sup>	37.22 <sup>ab</sup>	88.88 <sup>de</sup>	2.6 <sup>bcde</sup>
IHJ	84.31 <sup>abc</sup>	189.7 <sup>n</sup>	28.22 <sup>fghi</sup>	39.22 <sup>ab</sup>	95.88 <sup>efg</sup>	2.10 <sup>abcd</sup>
IBS	104.56 <sup>abcdef</sup>	190.7 <sup>m</sup>	24.22 <sup>efg</sup>	72.66 <sup>def</sup>	107.44 <sup>fgh</sup>	2.34 <sup>def</sup>
ATA	75.68 <sup>a</sup>	95.33 <sup>de</sup>	21.0 <sup>de</sup>	48.8 <sup>abcd</sup>	62.2 <sup>a</sup>	2.06 <sup>abcd</sup>
TFS	107.48 <sup>abcdef</sup>	111.34 <sup>j</sup>	6.4 <sup>abc</sup>	52.8 <sup>bcde</sup>	78.4 <sup>cd</sup>	2.33 <sup>def</sup>
MMM	85.04 <sup>ab</sup>	88.97 <sup>bc</sup>	31.6 <sup>hi</sup>	118.2 <sup>h</sup>	94.6 <sup>e</sup>	2.33 <sup>def</sup>
MAT	78.29 <sup>ab</sup>	88.05 <sup>b</sup>	24.8 <sup>efg</sup>	104.4 <sup>gh</sup>	92.0 <sup>e</sup>	2.53 <sup>efg</sup>
MFB	90.27 <sup>abcdef</sup>	103.45 <sup>hi</sup>	28.6 <sup>fghi</sup>	111.8 <sup>h</sup>	106.4 <sup>gh</sup>	2.61 <sup>fg</sup>
KJJ	124.23 <sup>abcdef</sup>	102.93 <sup>ghi</sup>	1.4 <sup>a</sup>	118.2 <sup>h</sup>	76.4 <sup>bc</sup>	2.78 <sup>g</sup>
BKC	138.89 <sup>cdef</sup>	97.38 <sup>ef</sup>	3.6 <sup>ab</sup>	73.8 <sup>ef</sup>	82.0 <sup>cd</sup>	3.29 <sup>h</sup>
TNS	181.35 <sup>f</sup>	107.19 <sup>ij</sup>	3.8 <sup>ab</sup>	89.0 <sup>fg</sup>	95.2 <sup>e</sup>	3.40 <sup>h</sup>
FET	145.66 <sup>ef</sup>	101.26 <sup>fgh</sup>	10.8 <sup>bc</sup>	123.8 <sup>h</sup>	108.4 <sup>h</sup>	3.54 <sup>hi</sup>
LET	140.68 <sup>bcdef</sup>	98.91 <sup>efg</sup>	20.6 <sup>de</sup>	82.4 <sup>f</sup>	110.6 <sup>h</sup>	3.56 <sup>hi</sup>
TTT	172.62 <sup>def</sup>	92.79 <sup>cd</sup>	10.6 <sup>bc</sup>	111.0 <sup>h</sup>	110.6 <sup>h</sup>	3.87 <sup>i</sup>
NDT	377.85 <sup>g</sup>	99.03 <sup>efg</sup>	8.0 <sup>bc</sup>	125.0 <sup>h</sup>	114.0 <sup>h</sup>	3.88 <sup>i</sup>
FxAT	133.82 <sup>abcdef</sup>	61.33 <sup>a</sup>	18.33 <sup>de</sup>	47.33 <sup>abcde</sup>	95.0 <sup>ef</sup>	2.29 <sup>bcdef</sup>
Gind	118.95 <sup>abcdef</sup>	92.04 <sup>bcd</sup>	5.54 <sup>abc</sup>	265.27 <sup>i</sup>	166.0 <sup>i</sup>	6.15 <sup>j</sup>
Nombre De groupes homogènes	7	14	9	9	9	9

Les valeurs suivies de lettres différentes sont statistiquement différentes à 5%.

En ce qui concerne la morphologie de la graine des *Datura*, les facteurs espèce et provenance exercent un effet très hautement significatif pour les 2 caractères liés à la biométrie des graines (tableau, 23). La longueur et la largeur des graines (LOG et LAG) semblent être les caractères les plus discriminants des différentes provenances des *Datura* prospectées. En effet, le test de la PPDS montre pour ces caractères 14 et 15 groupes homogènes. Les graines de *Datura stramonium* présentent des graines noires de petite taille comparativement à celles de *Datura inoxia* qui sont de grande taille et de couleur marron claire. Quant au *Datura ferox*, ses graines sont de couleur noire argentée et de taille similaire à celle de *Datura inoxia*. Pour le génotype indéterminé, les graines ressemblent plus à celles de *Datura stramonium* mais de taille plus grande.

La taille des capsules (LAC et LOC) et la longueur des épines (LOE) sont les deux autres facteurs qui discriminent bien la diversité des espèces et des provenances de *Datura sp.* En effet, les capsules de *Datura stramonium* sont caractérisées par des tailles très variables allant de 37.78 x 26.66 mm (avec de courtes épines de 3.35 mm pour la provenance de Nedroma : NDT) à 51.14 x 32.31 mm (avec de longues épines de 7.85 mm) pour la provenance de Mefteh (MFB).

Pour *Datura inoxia*, les capsules sont arrondies et plus grandes que celles de *Datura stramonium*. Leurs tailles sont variables en fonction des provenances : par exemple 33.7 mm x 31.7mm pour la provenance de Beni Merad (IBM) avec des épines de 8.33 mm et 43.2 x 41.6 mm pour la provenance de Boussaâda (IBS) avec des épines de 7 mm.

Chez *Datura ferox*, les capsules de 33.66 mm x 26.66 mm, sont très caractéristiques avec de longues épines qui atteignent 12.11mm de long. Le génotype indéterminé produit des capsules encore plus grandes 53.06 mm x 43.05 mm avec de longues épines (16 mm). Ces résultats confirment encore une fois l'hypothèse de l'hétérosis enregistrée avec les caractères liés à la morphologie du plant.

Tableau 23 : Résultats de l'analyse de la variance des caractères morphobiométriques des capsules et des graines des plants de l'ensemble des espèces et de leurs provenances.

Provenances	Morphologie					
	Capsules			Graines		
	Longueur des capsules (LOC)	Largeur des capsules (LAC)	Longueur des épines (LOE)	Poids secs des capsules vides (PSCV)	Longueur des graines (LOG)	Largeur des graines (LAG)
ILG	38.4 <sup>cde</sup>	31.8 <sup>gh</sup>	6.55 <sup>efg</sup>	1.31 <sup>bcd</sup>	3.48 <sup>efg</sup>	2.48 <sup>bc</sup>
IMJ	37.1 <sup>b</sup>	32.5 <sup>h</sup>	6.55 <sup>efg</sup>	1.29 <sup>bc</sup>	4.16 <sup>kl</sup>	3.23 <sup>no</sup>
IDB	41.1 <sup>fgh</sup>	39.7 <sup>ij</sup>	7.55 <sup>fgh</sup>	1.98 <sup>ij</sup>	4.22 <sup>l</sup>	2.90 <sup>ijk</sup>
IBM	33.7 <sup>a</sup>	31.7 <sup>gh</sup>	8.33 <sup>h</sup>	2.02 <sup>j</sup>	4.43 <sup>mn</sup>	3.15 <sup>lmno</sup>
IGR	41.0 <sup>fgh</sup>	38.8 <sup>i</sup>	7.77 <sup>gh</sup>	1.81 <sup>hi</sup>	3.49 <sup>fg</sup>	2.12 <sup>a</sup>
IAF	42.0 <sup>ghij</sup>	40.7 <sup>kl</sup>	7.44 <sup>fgh</sup>	1.91 <sup>ij</sup>	4.42 <sup>mn</sup>	3.09 <sup>lmn</sup>
IDJ	40.5 <sup>f</sup>	39.4 <sup>ij</sup>	7.11 <sup>fgh</sup>	2 <sup>j</sup>	4.44 <sup>mn</sup>	3.20 <sup>mno</sup>
IOC	42.3 <sup>hij</sup>	41.4 <sup>kl</sup>	6.22 <sup>def</sup>	1.25 <sup>bc</sup>	4.37 <sup>m</sup>	3.16 <sup>lmno</sup>
IBC	40.7 <sup>fg</sup>	39.0 <sup>i</sup>	7.11 <sup>fgh</sup>	1.92 <sup>ij</sup>	4.42 <sup>mn</sup>	3.03 <sup>kl</sup>
IHJ	41.8 <sup>fghij</sup>	40.2 <sup>ijk</sup>	7.11 <sup>fgh</sup>	1.95 <sup>ij</sup>	4.53 <sup>n</sup>	3.20 <sup>no</sup>
IBS	43.2 <sup>jk</sup>	41.6 <sup>l</sup>	7.0 <sup>fgh</sup>	2.04 <sup>j</sup>	4.19 <sup>kl</sup>	2.80 <sup>hij</sup>
ATA	38.73 <sup>cde</sup>	26.82 <sup>a</sup>	4.90 <sup>bcd</sup>	1.35 <sup>bcd</sup>	3.39 <sup>ef</sup>	2.71 <sup>efg</sup>
TFS	41.93 <sup>ghi</sup>	29.68 <sup>dc</sup>	5.49 <sup>cde</sup>	1.34 <sup>bcd</sup>	3.65 <sup>h</sup>	2.93 <sup>jk</sup>
MMM	42.52 <sup>ij</sup>	29.96 <sup>cf</sup>	5.39 <sup>cde</sup>	1.28 <sup>bc</sup>	3.44 <sup>ef</sup>	2.75 <sup>fgh</sup>
MAT	43.79 <sup>k</sup>	31.77 <sup>gh</sup>	5.34 <sup>cde</sup>	1.41 <sup>cde</sup>	3.85 <sup>i</sup>	3.07 <sup>lm</sup>
MFB	51.14 <sup>l</sup>	32.31 <sup>h</sup>	7.85 <sup>gh</sup>	1.57 <sup>fg</sup>	3.57 <sup>gh</sup>	2.78 <sup>gh</sup>
KJJ	39.02 <sup>de</sup>	30.08 <sup>cf</sup>	3.97 <sup>ab</sup>	1.24 <sup>b</sup>	3.38 <sup>de</sup>	2.80 <sup>ghi</sup>
BKC	39.18 <sup>e</sup>	28.44 <sup>bc</sup>	4.14 <sup>ab</sup>	1.31 <sup>bc</sup>	3.14 <sup>a</sup>	2.51 <sup>bc</sup>
TNS	41.59 <sup>fghi</sup>	30.93 <sup>fg</sup>	4.75 <sup>bc</sup>	1.64 <sup>gh</sup>	3.30 <sup>cd</sup>	2.67 <sup>def</sup>
FET	38.02 <sup>bcd</sup>	28.84 <sup>cd</sup>	3.98 <sup>ab</sup>	1.64 <sup>g</sup>	3.18 <sup>ab</sup>	2.46 <sup>b</sup>
LET	38.11 <sup>bcd</sup>	27.99 <sup>bc</sup>	3.76 <sup>ab</sup>	1.33 <sup>bcd</sup>	3.81 <sup>i</sup>	2.79 <sup>ghi</sup>
TTT	37.91 <sup>bc</sup>	27.50 <sup>ab</sup>	3.93 <sup>ab</sup>	1.47 <sup>def</sup>	3.29 <sup>cd</sup>	2.63 <sup>dc</sup>
NDT	37.78 <sup>bc</sup>	26.9 <sup>a</sup>	3.35 <sup>a</sup>	1.22 <sup>ab</sup>	3.27 <sup>bc</sup>	2.58 <sup>cd</sup>
FxAT	33.66 <sup>a</sup>	26.66 <sup>a</sup>	12.11 <sup>i</sup>	1.06 <sup>a</sup>	3.99 <sup>j</sup>	3.28 <sup>o</sup>
Gind	53.06 <sup>m</sup>	43.05 <sup>m</sup>	16.01 <sup>j</sup>	1.54 <sup>efg</sup>	4.10 <sup>jk</sup>	3.18 <sup>mno</sup>
Nombre de groupes homogènes	13	13	10	10	14	15

Les provenances ayant des lettres différentes sont statistiquement différentes à 5%. GH = groupes homogènes

## 5.2. Analyse en composantes principales (ACP)

Tenant compte des pourcentages de variations des données fournis par les quatre premiers axes, nous ne retiendrons que les axes 1 et 2, qui se caractérisent par les valeurs propres de 6.628 pour l'axe F1 et 2.959 pour l'axe F2, qui expliquent respectivement 47.34 % et 21.13 % de la variabilité, soit 68.47 % de l'information totale (Tableau, 24). Les 14 variables contribuent de manière différente au cercle de corrélation.

Tableau 24 : Contribution des variables à la constitution des Axes F1 et F2.

	Axes	
	F1	F2
Valeur propre	6,628	2,959
% variance	47,340	21,138
% cumulé	47,340	68,478

En effet, l'axe F1, est caractérisé par la contribution de 13 variables dont les plus importantes (contribution > 10 %) sont la longueur des épines LOE (13.46 %), la teneur en Hyoscyamine HS (11.81 %) et la longueur des fleurs LOF qui contribue à 10.89 % de l'information totale (Tableau. 25). Quant à l'axe F2, il est caractérisé par la contribution de 11 variables dont les plus importantes (contribution > 10 %) sont la longueur de la capsule (LOC) (22.48 %), la largeur de la capsule LAC (18.93 %) et la hauteur du plant HP, qui contribuent de l'ordre de 14.57 % de l'information totale (Tableau. 25 et figure. 25).

Tableau 25 : Contribution des variables selon les axes de l'ACP (F1, F2).

Variables	Axe F1	Variables	Axe F2
LOE	13,460	LOC	22,485
HS	11,810	LAC	18,936
LOF	10,898	HP	14,573
DC	10,035	PSCV	9,627
SF	9,356	NRP	8,802
SL	9,020	LOG	7,954
NRP	8,761	DC	5,754
LOG	7,953	LAG	4,839
NCP	7,131	LOF	2,841
HP	4,575	SF	2,354
PSCV	2,364	NCP	1,170
LAG	2,002	HS	0,609
LAC	1,856	LOE	0,053
LOC	0,780	SL	0,003

L'analyse en composantes principales a mis en évidence une bonne répartition des variables et des provenances des différentes espèces de *Datura* sur les deux axes F1, F2. Ainsi, deux grands ensembles sont obtenus; le premier groupe, celui des provenances de *Datura stramonium*, caractérisées par des plants présentant de grandes feuilles (SF), un fort diamètre au collet, une bonne hauteur des plants (HP) et un nombre élevé de ramification par plant (NRP). Quant à la production d'alcaloïdes, la teneur en hyoscyamine prédomine chez le groupe de provenances de *D. stramonium* et la teneur en scopolamine prédomine chez le groupe de *D. innoxia*. En outre, le deuxième ensemble qui s'oppose au premier est constitué par les provenances de *Datura innoxia* qui sont plus caractérisées par la longueur des fleurs (LOF), la taille des capsules et des graines. Quant au *Datura ferox* et le génotype indéterminé, ils s'isolent, d'une manière opposée sur l'axe F2, des deux groupes précédents.

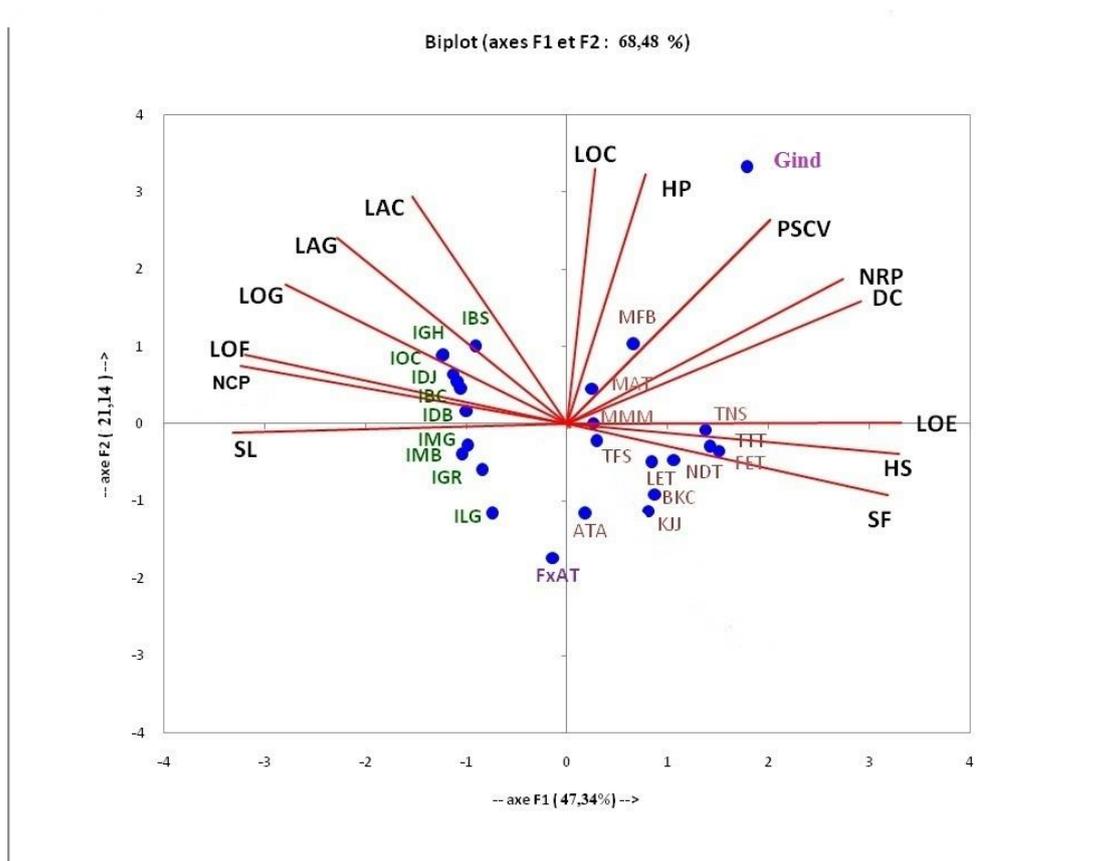


Figure 25 : Analyse en composantes principales des 25 provenances de *Datura stramonium*, *D. innoxia*, *D. ferox* et le génotype indéterminé (axes 1-2).

### 5.3. Analyse Factorielle Discriminante (AFD)

L'analyse des fonctions discriminantes en se basant sur les variables quantitatives de 299 observations est utilisée pour discriminer les 25 provenances. Onze fonctions discriminantes présentent des probabilités inférieures à 0,05. Elles sont donc statistiquement significatives au seuil de confiance de 95 %. Quatre groupes sont bien discriminés (figure, 26). Ainsi, le premier groupe se distingue par les provenances de *Datura ferox*. Le second groupe est caractérisé par les provenances de *Datura innoxia*. Le troisième groupe est caractérisé par les provenances de *Datura stramonium*. Quant au quatrième groupe, représenté par le génotype indéterminé, il s'isole de l'ensemble en formant un groupe unique.

Au vu de ces résultats, les caractères morphobiométriques, caractéristiques de chaque espèce, semblent jouer un rôle décisif dans la discrimination des provenances des différentes espèces de *Datura* étudiées.

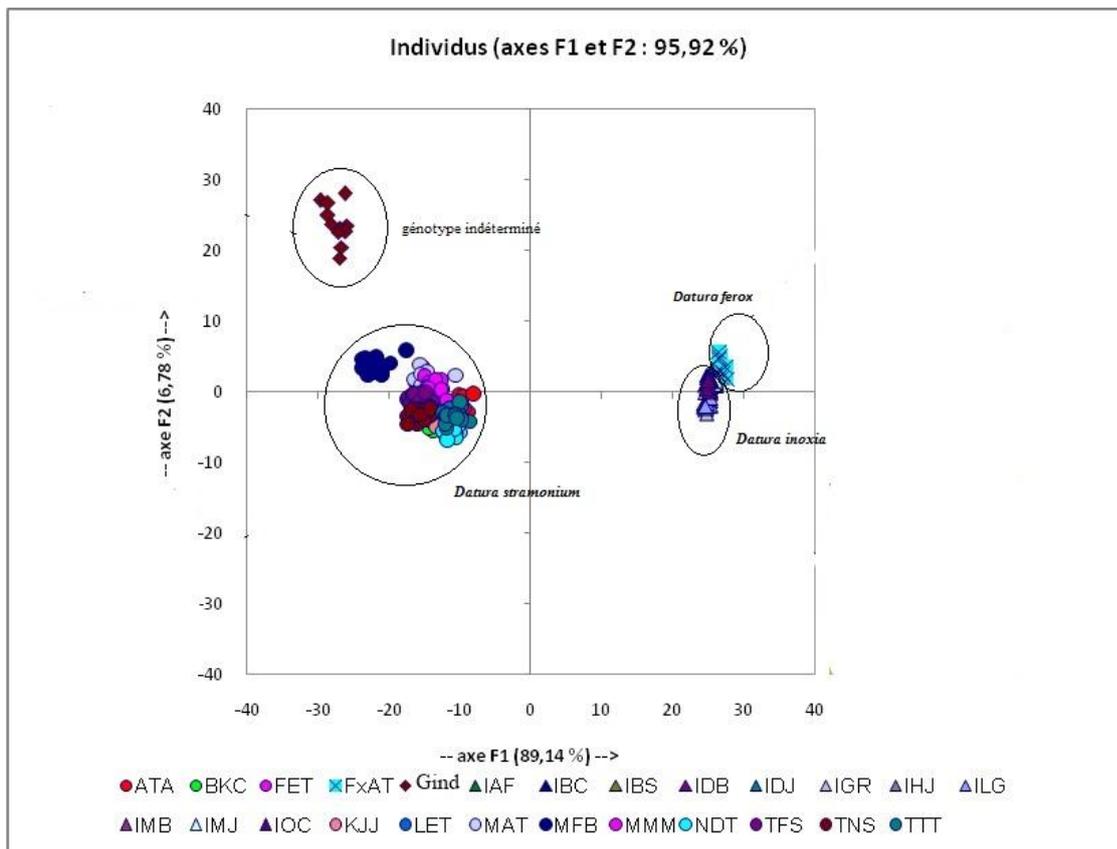


Figure 26 : Analyse factorielle discriminante des 25 provenances de *Datura stramonium*, *D. innoxia*, *D. ferox* et le génotype indéterminé (Gind).

## 5.5. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

La classification ascendante hiérarchique a été réalisée sur les 16 caractères morphologiques des 25 provenances de *Datura spp* (*stramonium*, *inoxia*, *ferox* et le génotype indéterminé) en se basant sur la méthode du voisin le plus proche. Cette méthode confirme la dissimilarité entre les espèces de *Datura* (Figure.27). En effet, cinq (5) groupes se distinguent :

- Le premier agrégat, regroupe toutes les provenances de *Datura inoxia*. les provenances des étages bioclimatiques aride et semi-aride s'isolent de celles des étages bioclimatiques humide et subhumide
- Le deuxième et troisième agrégat renferment toutes les provenances de *Datura stramonium*, cependant on remarque que les provenances les proches morphologiquement ne sont pas nécessairement les plus proches géographiquement par exemple, Frine d'El tarf (FET) et la provenance de Ténès (TNS) dans le même groupe et qui sont proche mais éloignées géographiquement à l'origine.
- Le quatrième agrégat, est représenté par *Datura ferox* qui s'isole en formant un seul groupe.
- Le quatrième groupe est représenté par le génotype indéterminé (Gind) qui se distingue des autres espèces de *Datura sp.* (figure.27).

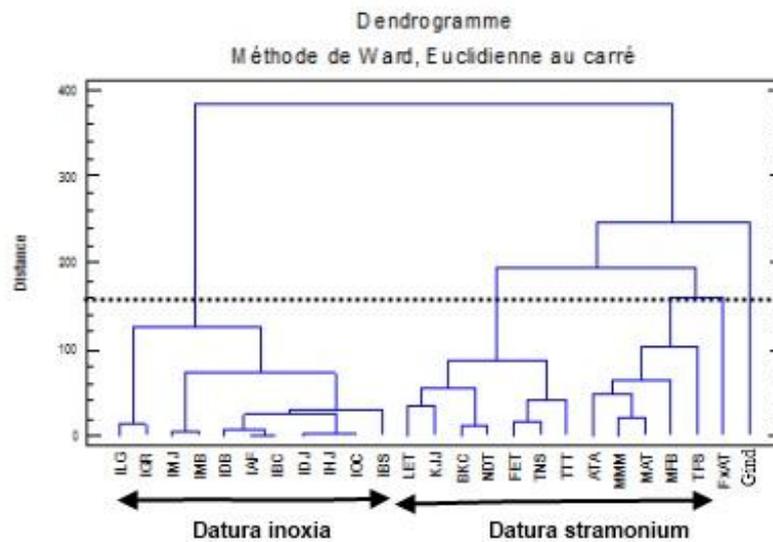


Figure 27 : Dendrogramme de distance entre les provenances de *Datura stramonium*, *D. inoxia*, *D. ferox* et le génotype indéterminé(Gind) issus de l'analyse hiérarchique basée sur les données biométriques.

## 6. Caractères biochimiques des provenances de *Datura sp.*

### 6.1. Variation interprovenances de la teneur en alcaloïdes chez *Datura stramonium*

La production alcaloïdique moyenne, toutes provenances confondues, des feuilles de *Datura stramonium* est de  $1 \pm 0,17$  mg.g<sup>-1</sup> de matière sèche (MS). La teneur moyenne en hyoscyamine (HS) est supérieure à celle de la scopolamine (SC) avec respectivement  $0,723 \pm 0,11$  mg.g<sup>-1</sup> et  $0,277 \pm 0,04$  mg.g<sup>-1</sup> MS. La teneur la plus élevée est enregistrée chez la provenance TTT de Tlemcen avec une moyenne de 1,324 mg.g<sup>-1</sup> MS, répartie en 0,957 mg d'HS et 0,367 mg de SC. La plus faible teneur en alcaloïdes totaux est enregistrée chez la provenance ATA, avec 0,803 mg.g<sup>-1</sup> MS répartie en 0,58 mg d'hyoscyamine HS et 0,223 mg de scopolamine SL (tableau, 26).

Tableau 26 : Variation des teneurs moyennes en alcaloïdes (hyoscyamine, scopolamine et totaux) en fonction des provenances de *Datura stramonium* étudiées

Provenances	hyoscyamine (mg.g <sup>-1</sup> MS)	scopolamine (mg.g <sup>-1</sup> MS)	alcaloïdes totaux (mg.g <sup>-1</sup> MS)
ATA	0,58	0,223	0,803
BKC	0,613	0,236	0,849
MMM	0,613	0,236	0,849
TFS	0,62	0,231	0,851
MAT	0,634	0,243	0,877
KJJ	0,704	0,269	0,973
NDT	0,714	0,274	0,988
MFB	0,723	0,279	1,002
TNS	0,727	0,279	1,006
LET	0,887	0,341	1,228
FET	0,891	0,341	1,232
TTT	0,957	0,367	1,324

### 6.2. Variation interprovenances de la teneur en alcaloïdes chez *Datura inoxia*

La production alcaloïdique moyenne des provenances de *Datura inoxia* est de  $0,92 \pm 0,16$  mg.g<sup>-1</sup> de matière sèche (MS). La teneur moyenne en scopolamine (SL) est supérieure à celle de l'hyoscyamine (HS) avec respectivement  $0,59 \pm 0,07$  mg.g<sup>-1</sup> et  $0,32 \pm 0,09$  mg.g<sup>-1</sup> M.S. La teneur la plus élevée est enregistrée chez la provenance IBS de Boussaâda avec une moyenne de 1,1 mg.g<sup>-1</sup> de M.S, répartie en 0,70 mg.g<sup>-1</sup> de M.S de scopolamine (SL) et 0,40 mg.g<sup>-1</sup> de M.S d'hyoscyamine (HS). La plus faible teneur en alcaloïdes totaux est enregistrée chez la provenance ILG (Lac Tonga), avec 0,71 mg.g<sup>-1</sup> de M.S répartie en 0,51 mg.g<sup>-1</sup> de M.S de scopolamine (SL) et 0,20 mg.g<sup>-1</sup> de M.S de d'hyoscyamine (HS) (tableau, 27).

Tableau 27 : Variation des teneurs moyennes en alcaloïdes (hyoscyamine, scopolamine et totaux) en fonction des provenances de *Datura innoxia* étudiées

Provenances	Hyoscyamine (mg.g <sup>-1</sup> MS)	Scopolamine (mg.g <sup>-1</sup> MS)	Alcaloïdes totaux (mg.g <sup>-1</sup> MS)
IBS	0,4	0,7	1,1
IDB	0,41	0,68	1,09
IDJ	0,42	0,64	1,06
IHJ	0,41	0,65	1,06
IMJ	0,4	0,65	1,05
IAF	0,28	0,58	0,86
IGR	0,29	0,57	0,86
IMB	0,32	0,52	0,84
IOC	0,22	0,53	0,75
IBC	0,21	0,51	0,72
ILG	0,2	0,51	0,71

### 6.3. Variation interprovenance de la teneur en alcaloïdes chez les espèces de *Datura*

Les espèces de *Datura* étudiées ne produisent pas l'hyoscyamine et la scopolamine dans les mêmes proportions. En effet, le *Datura stramonium*, produit plus d'hyoscyamine que de scopolamine avec respectivement  $0,723 \pm 0,11$  mg.g<sup>-1</sup> et  $0,277 \pm 0,04$  mg.g<sup>-1</sup> MS. Pour *Datura innoxia*, la teneur en scopolamine est supérieure à celle de l'hyoscyamine avec respectivement  $0,59 \pm 0,07$  mg.g<sup>-1</sup> et  $0,32 \pm 0,09$  mg.g<sup>-1</sup> M.S.

*Datura ferox* présente des teneurs en hyoscyamine et scopolamine équivalentes avec respectivement  $0,79$  mg.g<sup>-1</sup> et  $0,53$  mg.g<sup>-1</sup> M.S. Quant au génotype indéterminé (Gind), il présente des teneurs en hyoscyamine plus élevées que la scopolamine, soit respectivement  $0,62$  mg.g<sup>-1</sup> et  $0,24$  mg.g<sup>-1</sup> M.S. (tableau, 28).

En terme de teneur en alcaloïdes totaux, *D. ferox* vient en tête du classement, il est suivi par *D. stramonium*, puis *D. innoxia* et enfin le génotype indéterminé (Gind). Cependant, en terme de scopolamine, qui est majoritairement produite dans les feuilles, *D. ferox* se classe en premier, il est suivi par *D. innoxia* ensuite *D. stramonium* puis le génotype indéterminé (Gind). Cependant, pour la teneur en hyoscyamine, c'est *D. stramonium* qui se classe en tête, ensuite le génotype indéterminé, puis le *D. ferox* puis enfin le *D. innoxia* (figure, 28).

Il est à remarquer, qu'il existe une corrélation stable et très élevée ( $R^2= 0.997$ ) entre les teneurs en HS et SC chez *D. stramonium*, et ce, quelle que soit la provenance. Cette corrélation obéit à une régression de type linéaire. En effet, toutes les provenances sont alignées sur cette droite de régression, ce qui signifie une certaine stabilité de la production alcaloïdique, c'est-à-dire, pratiquement dans les mêmes proportions, quelle que soit la provenance. Cependant, pour *Datura innoxia*, on retrouve une corrélation beaucoup plus faible ( $R^2= 0.819$ ), les différentes provenances de *D. innoxia* ne s'alignent plus sur la droite de régression, ce qui signifie une certaine diversité en terme de production alcaloïdique qui serait en relation directe avec le fond génétique de la provenance qui aurait évolué avec le milieu d'origine (figure, 29).

Tableau 28: Variation des teneurs moyennes en alcaloïdes (hyoscyamine, scopolamine et totaux) en fonction des provenances de *Datura sp*

Provenances		Hyoscyamine (mg.g <sup>-1</sup> MS)	Scopolamine (mg.g <sup>-1</sup> MS)	Alcaloïdes totaux (mg.g <sup>-1</sup> MS)
<i>Datura stramonium</i>	ATA	0,58	0,223	0,803
	BKC	0,64	0,24	0,849
	MMM	0,613	0,236	0,849
	TFS	0,62	0,231	0,851
	MAT	0,634	0,243	0,877
	KJJ	0,704	0,269	0,973
	NDT	0,714	0,274	0,988
	MFB	0,723	0,279	1,002
	TNS	0,727	0,279	1,006
	LET	0,887	0,341	1,228
	FET	0,891	0,341	1,232
	TTT	0,957	0,367	1,324
<i>Datura innoxia</i>	ILG	0,2	0,51	0,71
	IBC	0,21	0,51	0,72
	IOC	0,22	0,53	0,75
	IMB	0,32	0,52	0,84
	IAF	0,28	0,58	0,86
	IGR	0,29	0,57	0,86
	IMJ	0,4	0,65	1,05
	IDJ	0,42	0,64	1,06
	IHJ	0,41	0,65	1,06
	IDB	0,41	0,68	1,09
	IBS	0,4	0,7	1,1
<i>Datura ferox</i>	FxAT	0,53	0,79	1,32
Génotype indéterminé	Gind	0,624	0,239	0,863

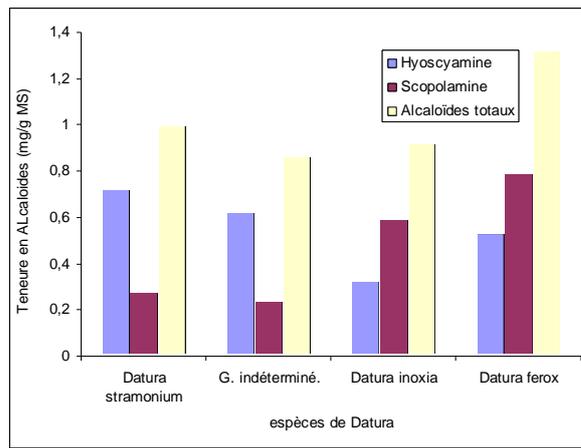


Figure 28: Variation de la teneur moyenne en hyoscyamine/scopolamine en fonction des espèces de Datura

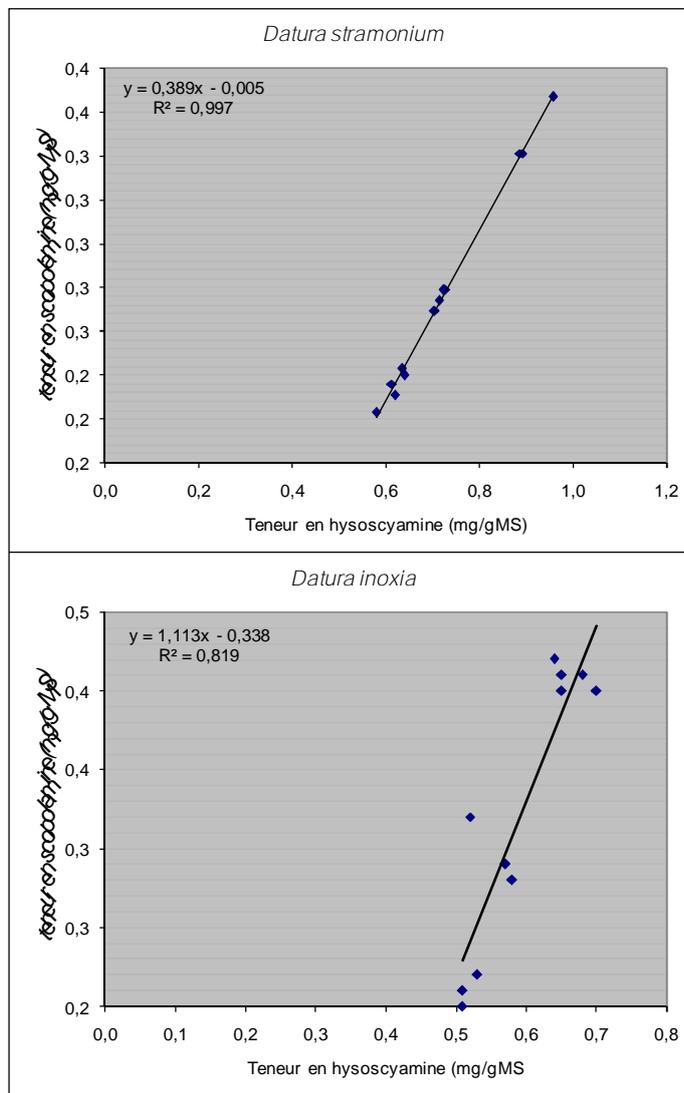


Figure 29 : Corrélation entre teneur en hyoscyamine et teneur en scopolamine chez Datura stramonium et D. inoxia (chaque point représente une provenance)

## Discussion Générale

Il est connu que la diversité spécifique des *Datura* à l'échelle mondiale est très importante (Evans, 1979; Yousaf *et al.*, 2008). Il en résulte que leur identification, basée sur des caractères morphologiques, reste difficile (Yousaf *et al.*, 2008). Armstrong (1980) considère que les caractéristiques morphologiques sont sujettes à des variations et dépendent de plusieurs paramètres bioclimatiques et écologiques du milieu dans lequel elles vivent. C'est la raison pour laquelle la caractérisation et l'évaluation des potentialités de production alcaloïdiques des différentes provenances et espèces de *Datura*, récoltées dans le Nord de l'Algérie, ont été réalisées dans des conditions expérimentales homogènes.

### 1. Prospection

La prospection qui s'est déroulée en deux phases (Nord Est et Nord Ouest Algérien), a permis de prospector les sites de présence des *Datura* dans la partie Nord du pays. De ce fait, trois espèces de *Datura* ont été recensées sur les quatre signalées par Houmani et Cosson (1998). Il s'agit de *Datura stramonium* (*var. eu stramonium* et *var. tatula*), *D.inoxia*, *D.ferox* et *D. quercifolia*. Cette dernière espèce n'a pas été aperçue lors de cette prospection malgré la visite des sites où elle a été signalée par les deux auteurs précédents. La prospection a montré en outre que la fréquence de présence des espèces diffère d'une région à une autre. En effet, le *Datura stramonium* semble être le plus répandu par rapport au *Datura inoxia* et *Datura ferox*, qui restent assez rares et confinés dans des sites bien précis (Sétif, Ain defla et Ain Témouchent).

Il faut noter, qu'un génotype indéterminé a été rencontré en présence d'un peuplement de *Datura ferox*. L'identification de ce génotype a été faite par un spécialiste (Henri Michaud) du Conservatoire Botanique National Méditerranéen de France ([www.cbnmed.fr](http://www.cbnmed.fr)), qui a indiqué qu'il s'agit très probablement d'un hybride naturel (*D. stramonium* X *D. ferox*). Ce type d'hybride a déjà été signalé en France et en Amérique du Sud respectivement par Fournier en 1934 et Avery *et al.*, en 1959. Cependant en Algérie, la présente étude est la première à signaler la présence de ce type de génotype (hybride).

Il arrive souvent, que des individus issus de croisement présentent une certaine vigueur hybride se manifestant par une supériorité par rapport à leurs parents (Harry, 2008). En effet,

ce nouveau génotype présente bel et bien cette vigueur hybride (hétérosis) puisque il a manifesté une supériorité par rapport à ses présumés parents (*D. Stramonium* et *D. ferox*). La vigueur observée concerne dans le cas présent surtout les caractères quantitatifs. Elle peut être interprétée comme étant le résultat de l'addition des effets favorables des gènes apportés par les parents (*Datura stramonium* et *Datura ferox*). En outre, et d'un point de vue théorique, plusieurs auteurs ont montré que l'hétérosis est d'autant plus élevé que les entités croisées (parents) sont génétiquement différentes (Lefort -Buson, 1985 et Harry, 2008). Du point de vue de la valorisation, cette découverte constitue une aubaine pour l'amélioration génétique, basée sur les recombinaisons par croisement, ouvrant ainsi d'énormes perspectives pour la création de génotypes à haut potentiel de production alcaloïdique.

## 2. Germination des graines de *Datura*

En général, les graines des *Datura*, présentent une dormance due essentiellement aux tissus protecteurs et/ou de réserves, en particulier l'albumen, qui contiennent des inhibiteurs endogènes de croissance, constitués de fractions basiques (Xanthoxine) et d'acides (acide abscissique) (De Miguel, 1980 ; Sanchez et De Miguel, 1985 ; Ballaré *et al.*, 1988).

La température et le mode de traitement des graines (la scarification) sont des facteurs prépondérants pour la levée de dormance et l'entrée rapide en germination des graines de *Datura sp.* En effet, l'étude de la germination des graines de *Datura stramonium* de la provenance El Frine indique que la scarification favorise réellement la germination des graines à la température optimale de 27°C donnant lieu au taux de germination le plus élevé (93 %) au 12<sup>ème</sup> jour de culture. Cependant, Houmani-Benhizia (1999), préconise un optimum thermique de 30°C pour induire la germination des graines de *Datura stramonium*. Le résultat précédent (scarification + T° de 27°C) a été confirmé sur *Datura inoxia* (provenance Guerouaou). En effet, la combinaison de la scarification et de la température de 27°C, favorise d'une manière significative la germination des graines de cette dernière qui débute à partir du 5<sup>ème</sup> jour de culture (10 %) pour les graines scarifiées et atteint à 100 % au 9<sup>ème</sup> jour de culture, quant aux graines de *Datura ferox*, elles sont caractérisées par une forte dormance déjà signalée par Sanchez et De Miguel (1985). Cependant, la scarification et la mise en germination à 27°C, ont conduit, après 17 jours de culture, à un taux de germination intéressant de 50 %, comparativement aux graines entières, où ce taux n'a pas excédé les 32%.

Par ailleurs, le facteur génétique influe de façon significative sur le taux de germination. En effet dans des conditions homogènes (T : 27°C, graines scarifiées), on note une variation

interprovenance et interspécifique de la germination des graines de *Datura* sp. Du point de vue variation des réponses à la germination des trois espèces, les résultats de l'étude corroborent ceux reportés dans les travaux de Symon et Haegi (1991) qui qualifient la germination du genre *Datura* de variable et irrégulière. Une classification est proposée par les mêmes auteurs. Elle classe le genre *Datura* selon la durée de germination en 4 groupes :

- Groupe I : germination régulière entre 1 à 3 semaines (*Datura innoxia*, *Datura wrightii*).
- Groupe II : germination irrégulière entre 1 à 8 semaines (*Datura stramonium*, *Datura bernhardtii*).
- Groupe III : germination irrégulière entre 2 à 20 semaines (*Datura ferox*).
- Groupe IV : germination très irrégulière entre 4 semaines à une année (*Datura quercifolia*).

Cependant pour ce qui est du nombre de jours nécessaires pour avoir une bonne germination, nos résultats se sont révélés plus intéressants par rapport au classement précédent.

La germination des graines scarifiées du génotype inconnu (Gind) reste très faible (30%). Cette caractéristique est généralement connue chez les hybrides, qui dans certains cas, présentent une viabilité faible voire même une faible fertilité qui peut frôler la stérilité (Harry, 2008). Si cela se confirme à l'avenir, il en résulterait que la fitness (survie x fécondité) des hybrides (*D. stramonium* x *D. ferox*) serait faible. Si cette hypothèse est vérifiée, l'idée de la valorisation par la création d'hybrides énoncée précédemment serait alors caduque.

### 3. Variation intraprovenances des *Datura* en plein champs

Il est admis que chez les espèces annuelles autogames que les caractères morphologiques, montrent une forte similitude entre individus au sein de la même provenance et une forte hétérogénéité interprovenances (Hamrick et Godt, 1997; Araibi, 2010). Ghalmi *et al* (2010) soulignent pour *Vigna unguiculata*, une espèce autogame, une certaine homogénéité intra-écotype, ce qui explique la faible variabilité entre les individus et une distance génétique faible entre les individus.

Cependant, pour *Datura stramonium* et *Datura innoxia*, l'homogénéité des caractères en intraprovenance est loin d'être totale. En effet, les analyses morphologiques, en particulier l'analyse du coefficient de variation révèle dans certains cas une forte homogénéité pour les caractères liés aux organes reproducteurs (Fleur, capsule et graines) et une forte hétérogénéité pour d'autres caractères. Pour *Datura stramonium*, la variabilité intra-provenance est élevée pour l'ensemble des caractères biométriques des 5 provenances (MAT, FET, NDT, BKC et TNS) et faible pour les 7 autres provenances notamment pour les caractères liés à la biométrie

des organes reproducteurs (LAC, LOC, LAG et LOG). Pour *Datura innoxia*, cette variation des caractères biométriques est très marquée pour les caractères liés à la morphologie de la plante (DC, NRP, NCP, SF et LOE). Cette variation s'exprime pour 9 provenances étudiées. Par contre les caractères liés à la fleur, la capsule et la graine (Organes reproducteurs) semblent être stables. Ce type de résultats a déjà été signalé chez le genre *Aegilops* (Araibi, 2010) avec une forte variation au niveau des caractères de l'appareil végétatif (hauteur du chaume, surface foliaire, etc) en plein champ comparativement aux caractères liés à l'inflorescence qui présentent une variation relativement faible. C'est pourquoi, on se pose des questions quant au régime de reproduction des *Daturas*. Plusieurs auteurs qualifient l'espèce comme autogame stricte (Quézel et Santa, 1962; Weaver *et al.*, 1985). Ce statut devrait traduire une homogénéité des caractères morphologiques au sein des provenances. Cependant, la variation des caractères remarquée au sein même de la provenance traduit une certaine allogamie. Motten et Antonovics (1992), estiment que les *Datura* ont un système de reproduction mixte (auto et allogamie) mais le taux d'allogamie, reste faible et variable (1.3 à 18%). Ceci incite à penser que les *Datura* sont des espèces préférentiellement autogames, mais pas autogames strictes. En effet, Harry (2008) considère que l'autofécondation est rarement totale dans les populations naturelles de *Datura*.

Les résultats de la présente étude suggèrent en effet, que les deux espèces adoptent une stratégie de reproduction par autogamie partielle, leur permettant de maintenir un niveau de variabilité correct qui leur procure un bon pouvoir d'adaptation à des contextes écologiques différents. Cette stratégie se trouve ainsi doublement avantageuse : d'une part elle permet d'assurer la survie des populations, et d'autre part elle confère un pouvoir de colonisation non négligeable du milieu. C'est certainement grâce à ce pouvoir que les *daturas* sont qualifiés d'espèces cosmopolites, capables de se développer dans des stations écologiquement très contrastées.

#### 4. Diversité inter-provenances des *Datura* en plein champs

L'étude de 25 provenances algériennes de *Datura* sp (*D.stramonium*, *D.innoxia*, *D. ferox* et l'hybride) issues de différents étages bioclimatiques et de différents milieux (forestiers, agricoles ou bord de route) confirme l'existence d'une grande diversité morphologique interprovenance pour la majorité des caractères considérés.

Pour *Datura stramonium*, une variabilité morphologique est très marquée au sein des provenances prospectées. Cette diversité s'exprime sur l'ensemble des caractères étudiés.

L'étude de la diversité génétique de 246 accessions de *Pisum sativum* L., prélevées dans différentes régions du monde, a montré que le degré élevé de la variation allélique, qui est à l'origine de la variation morphologique, est présent dans la couleur et la forme des semences (Nisar *et al.*, 2008). Ceci serait également vrai pour les provenances de *Datura stramonium* qui reflètent bien, elles aussi, la pression exercée par le milieu d'origine dans lequel elles se sont développées.

La longueur des fleurs est le caractère qui a présenté le plus grand nombre de groupes homogènes (classes). Il est synonyme d'une grande diversité des provenances étudiées. Blakeslee (1934) a démontré que la taille des fleurs ainsi que le diamètre du pollen chez *D. stramonium* sont proportionnels à son niveau de ploïdie. Pour ce même auteur, les plantes diploïdes ( $2n$ ) sont celles qui présentent les plus petites fleurs ainsi que les plus faibles diamètres de pollen. *D. stramonium* semble développer une stratégie de survie en allouant plus de ressources à la reproduction en produisant de grandes fleurs et de nombreuses capsules par l'ajustement de son niveau de ploïdie. La provenance TFS (originaire de l'étage bioclimatique semi-aride de haute altitude), est celle qui présente les plus grandes fleurs parallèlement à une surface foliaire et des teneurs en alcaloïdes réduites. De ce fait, les organes reproducteurs mobilisent d'importantes quantités d'azote, au détriment de la production alcaloïdique. Cette propriété présente un avantage double, d'une part, elle permet d'allouer en priorité ses ressources à la reproduction et, d'autre part, elle réduit les teneurs en alcaloïdes qui sont néfastes pour les insectes pollinisateurs ; ce qui garantit la pérennité de l'espèce dans des milieux hostiles. En effet, Fabbro & Körner (2004) suggèrent que les pollinisateurs sont rares en haute altitude et pensent que les espèces végétales dans ce type de milieu allouent trois fois plus d'énergie vers les structures florales que les plantes se trouvant en basse altitude.

La taille des capsules et des épines caractérisent assez bien la diversité des 12 provenances au niveau morphologique. Ces deux caractères sont influencés par le phénomène de trisomie observé chez *D. stramonium* où les plantes trisomiques sont viables mais la morphologie des capsules et des épines se trouve affectée. Selon Blakeslee (1934), douze types de trisomie sont possibles et des exemples de chacune d'elles ont été observés. Par ailleurs, chaque type de trisomie entraîne un type de capsule et/ou d'épines particulier. Il est possible que des provenances très proches géographiquement mais subissant des contraintes environnementales différentes expriment des formes différentes. Inversement, les provenances très distantes les unes des autres, mais soumises à des conditions d'environnement semblables, montrent des formes assez proches. C'est le cas de certaines

provenances originaires d'étages bioclimatiques différents, se retrouvent dans le même groupe.

La présente étude a montré que les 12 provenances de *Datura stramonium* gardaient globalement en mémoire les mêmes comportements que ceux exprimés dans leurs milieux d'origine. Ceci a été démontré par les effets provenance sur l'ensemble des caractères étudiés dans le milieu expérimental homogène. Ce phénomène a été mis en évidence chez *Arabidopsis* qui garde en mémoire les événements stressants en transmettant à sa descendance la capacité de s'adapter aux conditions difficiles. C'est le phénomène des recombinaisons homologues qui en serait à l'origine, permettant aux plantes de réajuster leur niveau d'adaptation aux nouvelles conditions du milieu. La même étude a montré aussi que cette capacité de réarrangement est susceptible de persister sur plusieurs générations. Ce type de comportement ne résulte pas de mutations ayant porté sur des chromosomes, mais relève plus d'un phénomène épigénétique (Molinier *et al.*, 2006). Comme pour les caractères morphologiques, la teneur en alcaloïdes est la résultante d'autres facteurs difficiles à contrôler. En effet, l'éclairement (durée et intensité), les fortes humidités relatives de l'air (Cosson *et al.*, 1966 ; Cosson, 1972) ainsi que la composition chimique du sol notamment en CaCO<sub>3</sub> et en matière organique (Houmani-Benhizia, 1999) favoriseraient l'augmentation des teneurs en hyoscyamine et en scopolamine. L'ensemble de ces paramètres pourrait expliquer l'existence d'une relation étroite entre les caractères morphologiques, l'effet du milieu et la production alcaloïdique des provenances prospectées.

Nos résultats montrent en outre que, la surface foliaire, le diamètre au collet et les teneurs en hyoscyamine et scopolamine sont positivement et significativement corrélés. Ces trois caractères caractérisent les provenances de basse altitude (LET, FET, TNS ET MFB) des étages bioclimatiques humide et subhumide ainsi que deux provenances de moyenne altitude de l'étage semi-aride (TTT et NDT). De nombreux auteurs (Karnick & Saxena, 1970; Gupta & Madan, 1975; Stecka *et al.*, 1975; Chandra & Purohit, 1980; Brachet & Cosson, 1986 ; Van de Velde *et al.*, 1988; Shonle & Bergelson, 2000) considèrent que la production alcaloïdique est une réponse adaptative vis-à-vis de certains paramètres écologiques tels que le climat et l'altitude. En effet, Andola *et al.* (2010) estiment que la production de la berbérine (alcaloïde) produite par *Berberis pseudumbellata* est étroitement liée aux habitats et concluent que les populations se trouvant à faible altitude, produisent plus de berbérine que celles se trouvant à des altitudes plus élevées. C'est le cas avec nos populations de *Datura*.

Sur la base des résultats précédents, deux provenances de basse altitude de l'étage bioclimatique humide (FET et LET) ainsi que la provenance TTT de l'étage bioclimatique

semi-aride de moyenne altitude peuvent être retenues pour les utiliser soit pour produire les deux alcaloïdes, dans les programmes d'amélioration génétique de la production alcaloïdique chez *Datura stramonium*.

Par ailleurs, la caractérisation biométrique des différentes provenances de *Datura innoxia* révèle une diversité remarquable. En effet, les analyses de la variance réalisées sur les paramètres biométriques, montrent des effets hautement significatifs pour l'ensemble des caractères étudiés. En plus, les différences entre les provenances se révèlent significatives pour tous les paramètres étudiés à l'exception de la surface foliaire (SF) et de la longueur des épines (LOE), qui demeurent des caractères stables pour cette espèce.

Les caractères les plus discriminants pour *D. innoxia* sont le nombre de ramifications (NRP), qui manifeste la plus grande variabilité des provenances avec 6 groupes homogènes, la provenance IBS de Boussaâda (étage Aride) vient en tête du classement avec de grands plants très ramifiés comparativement aux plants de la provenance ILG du Lac Tonga d'El Taref (étage humide). Ce type de comportement traduit encore une fois la modulation de l'expression des caractères morphologiques selon le contexte écologique, qui dans notre cas, ne peut être que le résultat d'une mémorisation des conditions écologiques initiales puisque l'essai a été mené en milieu homogène. Thellier *et al.* (1997) et Trewavas (2003) considèrent que les plantes sont sensibles à leurs environnement et plus précisément à certains signaux de l'environnement (stress, blessures attaques d'insectes, etc) auxquels ils répondent par des modifications de leur métabolisme ou de leur organogénèse, peu de temps après les *stimuli*, ou plus longtemps après. Tafforeau (2002) souligne de son côté, que les plantes ne font pas que répondre simplement à un *stimulus* d'une façon préétablie par l'organisme (génétiquement par exemple) mais sont capables de s'adapter et de modifier leurs réponses en fonction de leur vécu (c'est-à-dire des stimuli déjà rencontrés). Cette adaptation nécessite une fonction d'enregistrement des *stimuli* déjà perçus et une possibilité de modifier les réponses cellulaires suite à ces enregistrements.

L'analyse en composantes principales a mis en évidence une bonne répartition des variables et provenances. Ainsi, trois (03) ensembles sont obtenus; le premier groupe comprend les provenances de Djelida (IDJ), Hammam Bouhdjar (IHJ), Boussaâda (IBS), de Draa Benkheda (IDB) et El Milia (IMJ), qui se caractérisent par une bonne production alcaloïdique (SL et HS) en faveur de la scopolamine, à l'exception des provenances IDJ et IHJ. Les autres provenances sont caractérisées aussi par des plants très ramifiées. Le deuxième groupe

constitué des provenances de Beni Merad (IBM) et d'El Milia (IMJ), caractérisées par des graines assez larges, le troisième groupe est représenté par les provenances de Guerouaou (IGR), d'El Attaf (IAF), Boukadir (IBC) et Oued Sly (IOC) et du Lac Tonga (ILG) qui présentent les caractères biométriques les plus faibles à l'exception de la longueur des capsules.

Ainsi, certaines provenances des zones arides et semi-arides (IBS IHJ et IDJ) ou encore les deux provenances des étages humide et sub humide à savoir (IMJ et IDB : station d'origine bord de route) qui se retrouvent dans des conditions optimales de culture (dans la station homogène) se développent mieux que dans leurs milieux d'origine.

Ainsi, *D. inoxia* semble développer une autre stratégie de survie en allouant plus de ressources pour produire des plants ramifiées plutôt que dans la biomasse foliaire (SF ANOVA non significative) et alloue également plus de ressources à la reproduction tout comme *Datura stramonium*, en produisant de longues capsules contenant plus de graines de petite taille. Cela concorde avec les travaux de Nachi (1989) sur le comportement de quelques populations de *Fenugrec* de provenances algériennes et qui souligne que les localités du semi-aride se distinguent par les valeurs les plus élevées pour les caractères liés à la fonction reproductrice, contrairement aux provenances des localités du sub- humide.

Les analyses multivariées établies à partir des variables les plus discriminants, ont permis de classer les provenances en fonction de leur origine biogéographique. En effet, il ressort que les provenances des étages humide, sub humide et aride s'isolent individuellement alors que les provenances du semi aride, se regroupent au sein du même agrégat. Ainsi, les provenances issues des régions humide et sub humide se caractérisent par des ramifications moyennes à faibles en produisant de petites capsules. Par contre, les provenances issues des régions arides et semi arides semblent adopter une double stratégie dans les fonctions végétative et de reproduction, Ainsi, ces provenances produisent des plants ramifiés de petite taille sans investir plus de ressources dans d'autres caractères de vigueur (HT et DC) en produisant de grandes capsules contenant de petites graines afin d'assurer la pérennité dans ces conditions hostiles. Tel est le cas pour la provenance IBS de Boussaâda (originaire de l'étage bioclimatique aride de haute altitude), caractérisée par des plants ramifiés, portant de grandes fleurs et présentant les teneurs en scopolamine les plus élevées. Cette provenance constitue un matériel biologique de choix pour l'amélioration de l'espèce dans les travaux futurs.

La variabilité de la production alcaloïdique est très hautement significative au sein des provenances de *Datura innoxia*. La teneur en scopolamine est supérieure à celle de l'hyoscyamine. Ce même résultat est signalé par Paris et Moyses (1971). Houmani-Benhizia (1999), indique à ce propos que *Datura innoxia* renferme environ trois fois plus de scopolamine que d'hyoscyamine dans ses parties aériennes. La meilleure teneur alcaloïdique, soit  $1.1\text{mg.g}^{-1}$  de MS, obtenue sur les feuilles de *Datura innoxia* est enregistrée chez la provenance IBS de Boussaâda.

#### 5. Diversité morphologique interspécifique des *Datura sp.* en plein champs

L'étude morphologique menée sur l'ensemble des 3 espèces (*D. stramonium*, *D. innoxia*, *D. ferox*) et l'hybride, montre une forte variabilité interspécifique. Ainsi, la vigueur des plants semble être un caractère discriminant les différentes espèces de *Datura*. En effet, les plants de *Datura innoxia* et de *Datura ferox* sont de petite taille comparativement à *Datura stramonium*. Quant à la vigueur de l'hybride, caractérisé par un hétérosis, elle dépasse de loin celle des trois espèces étudiées. Les paramètres statistiques utilisés (AFD et CAH) discriminent clairement l'hybride comme une entité génétique à part entière.

Concernant les organes reproducteurs, la longueur des fleurs ((LOF), semble être un autre caractère discriminant de l'espèce. En général, *Datura innoxia*, présente des fleurs de grande taille, suivi de *Datura stramonium* de taille moyenne. Chez au *Datura ferox*, la provenance (FxAT) d'Ain Témouchent, produit des fleurs blanches de petite taille. L'hybride produit par contre des fleurs de taille intermédiaire entre celles de *Datura stramonium* et *Datura ferox*.

#### 6. Production d'alcaloïdes

Il est admis, que la scopolamine est formée essentiellement dans les feuilles par époxydation de l'hyoscyamine dont le site de biogenèse se situe dans les racines. Ce phénomène serait dû essentiellement à l'activité enzymatique (Cosson, 1976). La concentration de l'hyoscyamine diminue au fur et à mesure que les plants se développent (Paris et Moyses, 1971). Cependant, cette activité varie en fonction des espèces, chez *Datura metel*, la scopolamine est l'alcaloïde prédominant (Paris et Cosson, 1965). L'analyse des alcaloïdes des espèces de *Datura* prospectées en Algérie, montre que *D. ferox* vient en tête du classement, il est suivi par *D. stramonium*, puis *D. innoxia* et enfin l'hybride. Cependant, en ce qui concerne la scopolamine, qui est majoritairement produite dans les feuilles, *D. ferox* se classe en premier, suivi par *D.*

*inoxia* puis *D. stramonium* et en fin l'hybride. Pour la teneur en hyoscyamine, c'est *D. stramonium* qui se classe en tête, suivi de l'hybride, puis de *D. ferox* et enfin de *D. inoxia*.

Il est à remarquer, qu'il existe une corrélation stable et très élevée ( $R^2= 0.997$ ) entre les teneurs en HS et SC chez *D. stramonium*, et ce, quelle que soit la provenance. Ceci signifie une certaine stabilité de la production alcaloïdique, c'est-à-dire, pratiquement dans les mêmes proportions pour l'ensemble des provenances. Cependant, pour *Datura inoxia*, on retrouve une corrélation plus faible ( $R^2= 0.819$ ) pour les différentes provenances de *D. inoxia*, ce qui signifie une certaine diversité en terme de production alcaloïdique qui serait en relation directe avec le fond génétique de la provenance qui aurait évolué avec le milieu d'origine.

Enfin, les provenances performantes des différentes espèces (TTT : *Datura stramonium*, IBS : *Datura inoxia*, FxAT : *Datura ferox* et l'hybride) peuvent être considérées comme un bon matériel végétal de base pour mener des programmes d'amélioration aussi bien par la voie classique (Blakeslee & Satina, 1944 ; Schieder, 1980) et/ou par voie biotechnologique (Saenz-Carbonel & Loyola-Vargas, 1996; Amdoun *et al.*, 2009, 2010).

## Conclusion générale

Cette étude a permis de prospecter la présence des *Datura*, dans les différents étages bioclimatiques et différents milieux (forestiers, agricoles ou bord de route). De ce fait, trois espèces ont été recensées sur les quatre signalées par Houmani et Cosson (1998). Le *Datura quercifolia*, n'a pas été recensé dans le cadre de la présente prospection. Cela suppose que cette espèce est très rare. Cependant, on note, pour la première fois, la présence d'un hybride issu probablement d'un croisement entre *D. stramonium* et *D. ferox*.

La prospection a montré en outre que la fréquence de présence des espèces, diffère d'une région à une autre. *Datura stramonium* semble être le plus répandu par rapport au *Datura inoxia* et *Datura ferox*, qui restent assez rares et confinés dans des sites bien précis.

En ce qui concerne, la germination des graines de *Datura*, la combinaison de la température (27°C) et la scarification, ont induit la levée de dormance et l'entrée rapide en germination des graines des deux espèces de *Datura* (*stramonium* et *inoxia*). Pour les provenances de *Datura ferox*, caractérisées par une forte dormance, la scarification et la mise en germination à 27°C, ont conduit à un taux de germination intéressant de 50 %, après 17 jours de culture. Quant à la germination de l'hybride, elle reste très faible (30 %), propriété généralement connue chez les hybrides.

Par ailleurs, l'étude a montré que les facteurs génétiques influent d'une façon significative sur le taux de germination. En effet, dans des conditions optimales et homogènes (T : 27°C, graines scarifiées), on note une variation interprovenance et interspécifique des taux de germination. A 27°C, 93 % des graines scarifiées de *D. stramonium* germent après 12 jours de culture, 100 % des graines scarifiées des graines de *D. inoxia* germent après 9 jours de culture. Cependant, pour *D. ferox*, seulement 50 % des graines scarifiées germent après 17 jours de culture.

La troisième partie de l'étude concerne la variation intraprovenance de *Datura stramonium* et *Datura inoxia*. Les analyses morphologiques, révèlent dans certains cas une forte homogénéité pour les caractères liés aux organes reproducteurs (fleur, capsule et graines) et une forte hétérogénéité pour d'autres caractères. Pour *Datura stramonium*, la variabilité intraprovenance est élevée pour l'ensemble des caractères biométriques de 5 provenances et faible pour 7 autres provenances notamment pour les caractères liés à la biométrie des organes reproducteurs (caractères liés à la graine et la capsule). Pour *Datura inoxia*, cette variation des

caractères biométriques est très marquée pour les caractères morphologiques de la plante. Cette variation s'exprime pour 9 provenances étudiées. Par contre les caractères liés aux organes reproducteurs semblent être stables. Ceci suggère que les deux espèces adoptent une stratégie de reproduction par allogamie partielle, leur permettant de maintenir un certain niveau de variabilité qui leur procure un certain pouvoir d'adaptation, de survie et de colonisation des milieux parfois limités .

L'étude de la diversité interprovenance des 25 provenances de *Datura* (*D.stramonium*, *D.inoxia*, *D. ferox* et l'hybride), confirme l'existence d'une grande diversité morphologique pour la majorité des caractères considérés. Cette variabilité est très marquée au sein des provenances prospectées. Elle s'exprime sur l'ensemble des caractères étudiés. Cela suppose que les provenances de *Datura stramonium* gardaient en mémoire les mêmes comportements que ceux exprimés dans leurs milieux d'origine. De plus, la surface foliaire, le diamètre au collet et les teneurs en hyoscyamine et scopolamine sont positivement et significativement corrélés. Ces trois caractères caractérisent les provenances de basse altitude des étages bioclimatiques humide et subhumide ainsi que deux provenances de moyenne altitude de l'étage semi-aride. Sur la base des résultats précédents, deux provenances de basse altitude de l'étage bioclimatique humide (FET et LET) ainsi que la provenance TTT de l'étage bioclimatique semi-aride de moyenne altitude peuvent être retenues pour les utiliser soit pour produire les deux alcaloïdes par culture de plein champ, soit pour les utiliser dans les programmes d'amélioration génétique de la production alcaloïdique chez *Datura stramonium*. La caractérisation biométrique des différentes provenances de *Datura inoxia* révèle une diversité remarquable. Cependant, pour cette espèce, la surface foliaire et la longueur des épines, demeurent des caractères stables. Les caractères les plus discriminants pour *D. inoxia* sont le nombre de ramification (NRP), qui manifestent la plus grande variabilité des provenances. Ceci nous amène à penser que *D. inoxia* développe une double stratégie de survie en allouant plus de ressources aux fonctions végétative et de reproduction, en développant des plants ramifiés, tout en gardant le caractère surface foliaire stable et en produisant des grandes capsules comportant plus de graines de petites tailles, une stratégie qui permet en fait de maintenir cette espèce dans les conditions extrêmes de son aire de répartition.

En effet, la provenance IBS de Boussaâda est caractérisée par des plants très ramifiés présentant de grandes fleurs et les teneurs en scopolamine les plus élevées. Cette provenance constitue un matériel biologique de choix pour l'amélioration de l'espèce. On note aussi une variabilité remarquable de la production alcaloïdique qui est hautement significative au sein

des provenances de *Datura inoxia*, et la teneur en scopolamine est toujours supérieure à celle de l'hyoscyamine

Les caractères morphologiques montrent une forte variabilité interspécifique entre les 3 espèces étudiées (*D.stramonium*, *D. inoxia*, *D. ferox* et leurs différentes provenances y compris l'hybride). Par ailleurs, la vigueur des plants semble être un caractère discriminant les différentes espèces de *Datura*. En effet, les plants de *Datura inoxia* et de *Datura ferox* sont de petite taille comparativement aux plants de *Datura stramonium*. Quant aux plants de l'hybride ils dépassent de loin les plants des trois autres espèces étudiées. Concernant les organes reproducteurs, la longueur des fleurs ((LOF), se présente aussi comme étant un autre caractère discriminant de l'espèce.

Concernant la teneur alcaloïdique totale des feuilles, les analyses biochimiques montrent que *D. ferox* vient en tête du classement, il est suivi par *D. stramonium*, puis *D. inoxia* et enfin l'hybride. Cependant, en terme de teneur en scopolamine, qui est majoritairement produite dans les feuilles, *D. ferox* se classe en premier, il est suivi par *D. inoxia* ensuite *D. stramonium* puis l'hybride. Pour la teneur en hyoscyamine, c'est *D. stramonium* qui se classe en tête, suivi de l'hybride, puis le *D. ferox* et enfin le *D. inoxia*.

Enfin, il est à remarquer une certaine stabilité de la production alcaloïdiques chez *D. stramonium*, et ce, quelle que soit la provenance. Cependant, pour *Datura inoxia*, on note une certaine diversité en terme de production alcaloïdique qui serait en relation directe avec le fond génétique de la provenance qui aurait évolué avec le milieu d'origine.

Nos résultats contribuent à la connaissance de 3 espèces de *Datura*. Ils constituent, sans doute, une étape supplémentaire dans la caractérisation et l'évaluation de la diversité des *Daturas* et ouvrent des perspectives pour leur valorisation.

L'étude a permis d'identifier des provenances performantes du point de vue teneur en alcaloïde. Il s'agit notamment de TTT (*Datura stramonium*), IBS (*Datura inoxia*) et FxAT : (*Datura ferox*) susceptibles d'être utilisées soit directement pour produire la scopolamine et l'hyoscyamine, soit comme matériel végétal de base pour mener des programmes d'amélioration. Par ailleurs, l'hétérosis caractérisant l'hybride constitue une aubaine pour l'amélioration génétique. La présente étude ouvre ainsi des perspectives qui s'articulent autour des points suivants :

- Affiner la prospection des *Datura* en Algérie et plus particulièrement dans les zones jusqu'alors non prospectées (grand sud du pays).

- Compléter la caractérisation par des essais de comportement multilocaux mais en conditions homogènes pour mettre en évidence les effets du milieu et d'interaction génotype X milieu.
- Utiliser des marqueurs génétiques autres que morphologiques pour l'évaluation de la diversité génétique tels que les marqueurs protéiques, AFLP et SSR.
- Elucider l'hétérosis et la fitness des hybrides de *D. stramonium* x *D. inoxia* par des expérimentations appropriées.
- Entamer des programmes d'amélioration génétique pour augmenter la production alcaloïdique,
- Sélectionner des génotypes performants pour initier une production alcaloïdique immédiate aussi bien en plein champ que par voie biotechnologique (en bioréacteur).
- Définir des génotypes candidats pour une utilisation ultérieure dans les programmes d'amélioration génétique par croisement, mutagenèse et/ou par voies biotechnologique.

## Références bibliographiques

## Références bibliographiques

Ahmad, I. M., Abdalla, M. Y., Mustafa, N. H., Onais, E. Y., & Abdullac, F. A., 2009 - *Datura* Aqueous Leaf Extract Enhances Cytotoxicity via Metabolic Oxidative Stress on Different Human Cancer. *Cells. Jordan Journal of Biological Sciences*, 2(1), 9-14.

Alexander J., Benford D., Cockburn A., Cravedi J., P., Dogliotti. E, Di Domenico A., Fernandez-Cruz M. L., Fürst P., Fink-Gremmels J., Lodovico Galli C., Grandjean P., Gzyl J., Heinemeyer G., Johansson N., Mutti A., Schlatter J., Van Leeuwen R., Van Peteghem C. & Verger P. 2008 - Tropane alkaloids from *Datura sp.*, as undesirable substances in animal feed. *The EFSA Journal*: 691, 55 p.

Aloïs Schmid, B., 1986 - Remèdes de plein air : plantes médicinales, leurs mois, leurs vertus, *Fribourg : Ed. Universitaires*, 174 p.

Amdoun R., 2003. Contribution à l'amélioration de la production d'alcaloïdes tropaniques par des apports calciques chez *Datura stramonium* L. *Mémoire de Magistère. Université Saad Dahleb, Blida, Faculté des sciences agrvétérinaires et biologiques*, 70 p.

Amdoun R., Khelifi L., Khelifi-Slaoui M., Amroun S., Benyoussef E.H., Do Vu Thi., Assaf-Ducrocq. & Gontier E., 2009- Influence of minerals and elicitation on *Datura stramonium* L., tropane alkaloid production: modelization of the in vitro biochemical response, *Plant Science*: 177(2), pp : 81-87.

Amdoun, R., Khelifi, L., Khelifi-Slaoui, M., Amroune, S., Asch, M., Assaf-Ducrocq, C. & Gontier, E. 2010 - Optimization of the culture medium composition to improve the production hyoscyamine in elicited *Datura stramonium* hairy roots using the response surface methodology (RSM). *Int. J. Mol. Sci.*, 11 : 4726-4740.

Andola, H.C., Rawal, R.S., Rawat, M.S.M., Bhatt, I.D. & Purohit, V.K. 2010 — habitat-dependent variations in berberine content of *Berberis asiatica* rox. ex. Dc. in Kumaon, Western Himalaya. *Chem. & Biodiv.*, 7 : 415-420.

Araibi, H., 2010 - Variations morphologiques caryologiques et biochimiques dans le genre *Aegilops* en Algérie. Thèse Doctorat en Sciences de la Nature, *Univ. Scien. Tech. Houari Boumedienne*. 197p.

Armstrong W.P. 1980 - The curious names of our wildflowers. *Desert Magazine*, 43 10: 10-11.

Arouko H., Matray M.D., Braganca C., Mpaka J.P., Chinello L., Castaing F., Bartou C., & Poisot D. 2003 - L'intoxication volontaire par l'ingestion de *Datura stramonium*. *Ann. Med. Interne*, 2003.154, Hors- Série I, pp : 1 46 -150.

Arulvasu C., Babu G. Manikandan R., Srinivasan P., Sellamuthu S., Prabhu D. & Dinesh D., 2010 - Anti-cancer effect of *Datura innoxia* Mill. leaf extract in vitro through induction of Apoptosis in Human colon Adenocarcinoma and Larynx Cancer Cell Lines, *Journal of Pharmacy Research*, 3(7): 1485-1488.

Avery A G. Santa S. & Rietsema, 1959 - The genus *Datura*. New York; Ronald Press co.

Baba Aissa F., 1991 - Les plantes médicinales en Algérie. Ed. *Bouchane et Ad. Diwan*, Alger, 169 p.

- Badiaga M., 2011- Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea latifolia* Smith une plante médicinale africaine récoltée au Mali, *Thes. Doct., Univ. Blaise Pascal Clement FERRAND*, 183 p.
- Baiza A. M., Quiroz-Moreno A., Ruiz J.A., & Loyola-Vargas V.M., 1999- Genetic stability of hairy root cultures of *Datura stramonium*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 59 (1) : 9-17.
- Ballaré C.L., Sanchez R.A., Scopel A.L. & Ghera C.M. 1988 - Morphological Responses of *Datura ferox* L. Seedlings to the Presence of Neighbors - Their Relationships with Canopy Microclimate. *Oecologia*, 76, 288-293.
- Beliard E., Met C. & Morel-Krause E., 2002- Protection alternative des cultures ornementales sous serre. *Phytoma. La Défense des Végétaux*, n°546, p 42.
- Belling J. & Blakeslee A. F., 1922- The assortment of chromosomes in triploid *Datura*. *Amer. Nat.*, 55 : 339-346.
- Benhizia Z., 1989. Contribution à l'étude d'une plante médicinale algérienne, *Datura stramonium* L. *Mémoire de Magistère. Agr., I.N.A, El-Harrach, Alger*, 68p.
- Berkov.S. & Philipov.S., 2002- Alkaloid Production in Diploid and Autotetraploid Plants of *Datura stramonium*. *Pharmaceutical Biology*, 40 (8) : 617-621
- Berkov S., Doncheva T., Philipov S. & Alexandrov K., 2005- Ontogenetic variation of the tropane alkaloids in *Datura stramonium*. *Biochemical Systematic and Ecology*, 33 : 1017-1029.
- Bianchini F. & Pantano A C., 1986 - Guide vert des plantes et des fleurs. Édition Solar. 125p.
- Blakeslee A F., Belling J. Farnham M E. & Bergner A. D., 1922- A haploid mutant in the Jamson weed, *Datura stramonium*. *Science* 55, 646-647.
- Blakeslee A F., 1934- Extra chromosomes, a source of variation in the Jimson weed. *Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution. Washington. U.S Government Printing*.
- Blakeslee A. F., & Satina S., 1944 - New hybrids from incompatible crosses in *Datura* through culture of excised embryos on malt media. *Science*, 99 (2574) : 331-334.
- Bourouche J.M. & Saporta G., 1980 – L'analyse des données. Collection. Que sais je ? Paris : 182p.
- Bouzidi A., Mahdeb N., Allouche L. & Houcher B., 2002 - Etude épidémiologique sur les plantes toxiques dans les régions de Sétif et Bordj Bou Arreridj (Est de l'Algérie- Afrique du Nord-). *Bulletin d'information toxicologique*, 18 (2) : 5-10.
- Brachet J. & Cosson L., 1986 - Changes in the total content of *Datura inoxia* Mill. subjected to salt stress. *J. Exp. Bot.*, 37 : 650-656.
- Bruneton J., 1995 - Pharmacognosy, Phytochemistry, medicinal plants. Ed. Lavoisier, Paris, 915p.
- Bruneton, J., 1999 - Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3ème édition. Paris, pp. 647-673.
- Cecchini T., 1976 - Encyclopédie des plantes médicinales. Ed. De Vecchi, 327 p.

- Chalandre M-C., 2000 - *Éléments de Botanique. Cours de première année de Pharmacie (année 1999-2000). UFR de Pharmacie et Ingénierie de la Santé – Angers.*
- Chan K., 2002 - *Jimson Weed poisoning – A Case Report. The Permanente journal*; 6 : 28-30.
- Chandra, P. & Purohit A.N., 1980 - *Berberine contents and alkaloid profile of Berberis species from different altitudes. Biochem. Syst. and Ecol.*, 8 : 379-380.
- Cosson L., Chouard P. & Paris R.R., 1966 - *Influence de l'éclaircissement sur la variation ontogénique des alcaloïdes de Datura tatula. Lloydia*, 29 (1) : 19- 25.
- Cosson L., 1972 - *Influence de l'éclaircissement sur la teneur en alcaloïdes tropaniques des Datura : analyse des processus pouvant expliquer les effets, Th, Doc, SC, Paris*, 66 p.
- Cosson L., 1976 - *Importance des facteurs climatiques et des étapes de développement dans la productivité des alcaloïdes tropaniques. Etude de biologie végétale. Hommage au professeur P. Chouard. Ed. R. Jacques. Paris* : 483- 494.
- Cosson L., Escudero Morales A., & Cougoul N., 1978 - *La régulation ecophysiologique du métabolisme des alcaloïdes tropaniques (hyoscyamine et scopolamine), Plant. Med. et Phyt.*, 12(04) : 319-326.
- Dambri M., 1998 - *Évaluation de la composition alcaloïdique des plantes de Datura innoxia Mill. et Datura tatula L. poussant à l'état sauvage. Thèse. Ing. Sc. Agr. Blida. 81p.*
- De Miguel, L.C., 1980 - *Changes in levels of endogenous inhibitors during dormancy breakage in Datura ferox L. seeds. Z. Pflanzphysiol. Bd. 96 s. 415 - 421.*
- Deng F., 2005 - *Effects of glyphosphate, chlorsulfuron, and methyl jasmonate on growth and alkaloid biosynthesis of jimson weed (Datura stramonium L.) Pesticide Biochemistry and Physiology (82) : 16–26.*
- Didier P., 2001- *Petite histoire naturelle des drogues psychotropes. Les plantes hallucinogènes, [http://www.Datura/les\\_alcaloïdes\\_des\\_solanacées.htm](http://www.Datura/les_alcaloïdes_des_solanacées.htm)*
- Doncheva T., Berkov S. & Philipov S., 2006 – *Comparative study of the alkaloids in tribe Datura and their chemosystematic significance. Biochemical Systematic and Ecology. 34: 478-488.*
- Dorado J., Fernández-Quintanilla C. & Grundy A.C. 2009 - *Germination patterns in naturally chilled and non-chilled seeds of fierce thornapple (Datura ferox) and velvetleaf (Abutilon theophrasti). Weed Science 57 : 155–162.*
- Dorvault F., 1982 - *L'officine du 21<sup>ème</sup> siècle . Ed. Vigot. 5000p.*
- Ducrocq C., 1994 - *Genetic transformation in medicinal plant: Datura innoxia Mill. by Agrobacterium tumefaciens and Agrobacterium rhizogenes and contribution to the study of secondary metabolites. Th. Doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle en physiologie végétale approfondie, Paris, 72P.*
- El Bazaoui A., Bellimam M.A., & Soulaymani A. 2012 - *Tropane Alkaloids of Datura innoxia from Morocco, Z. Naturforsch. 67 C : 8 – 14.*

Evans, W.C. 1979 - Tropane alkaloids of the *Solanaceae*. in J.G. Hawkes, R.N. Lester & A.D. Skelding (eds.), *The biology and taxonomy of the Solanaceae. Linnean society symposium series 7*. Academic Press, London. pp 241-254.

Every A. G., Satina S., & Rietsema J. 1959 – *Blakeslee: The genus Datura*. Ronald Press Company, New York, 289 pp.

Fabbro, T. & Körner, C. 2004 - Altitudinal differences in flower traits and reproductive allocation. *Flora*, 199 : 70-81.

Facchini, P.J. 2001 - Alkaloid biosynthesis in plants: Biochemistry, cell biology, molecular regulation and metabolic engineering applications. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 52, 29–66.

Fahmy T., 1998 – *Xlstat Pro statistical software*. Paris, France.

Felidj M., 2005- Effets du stress hydrique sur la production des alcaloïdes tropaniques chez *Datura stramonium* L., cultivée en plein champs *Mém, Mag, Agr, Univ, Blida*, 102p.

Felidj M. & Houmani Z., 2006- Domestication de *Datura stramonium* sous stress hydrique pour l'optimisation de la production en alcaloïdes d'intérêt thérapeutique. International Symposium on Perfume, Aromatic and Medicinal Plants (Maroc): from production to valorisation, p164.

Fernald, L. M. 1970 - Gray's manual of botany, 8th ed. Van Nostrand Co., New York. *Datura*, pp. 1259-1260.

Fluck H., 1977- *Petit guide panoramique des herbes médicinales*. Ed. Délachaux et Nestlé, Paris, 275p.

Fournier P., 1934- *Hybrides de Datura: morphologie, structure, histologie, tératologie, fruit, greffage, Capsicum annuum, Datura stramonium* - 3 pl., 2 fig., 1 tab. *Le Monde des Plantes, Série IV, n° 206*. 14 p.

Geeta R. & Gharaibeh W., 2007 - Historical evidence for a pre-Columbian presence of *Datura* in the Old World and implications for a first millennium transfer from the New World », *J. Biosci.*, vol. 32, n° 7, p. 1227-1244.

Ghalmi N., Malice M., Jacquemin J. M., Ounane S.M., Mekliche L., & Baudoin J.P., 2010 - Morphological and molecular diversity within Algerian cowpea (*Vigna unguiculata* L.) landraces : *Genetic resources and crop evolution*, 57(3) : 371-386.

Gouille Jp., Pepin G., Dumestre-Toulet V. & Lacroix C., 2004 - Botanique, chimie et toxicologie des Solanacées hallucinogènes : Belladone, *Datura*, jusquiame, Mandragore. *Annales de Toxicologie Analytique*, 16 (1), 34 p.

Gryniewicz G. & Gadzikowska M. 2008 - Tropane alkaloids as medicinally useful natural products and their synthetic derivatives as new drugs. *Pharmacological Reports*. 60, 439-463.

Gupta, S. & Madan, C. L., 1975 - Effect of growth retardants on growth and alkaloid formation in *Datura metel* var. *fastuosa*. *Planta Medica*, 28 : 193-200.

Hamrick J.L & Godt M.J., 1997- Effects of life history traits on genetic diversity in plants species. In Silvertown J., France M., Harper J.L.(Eds) Plant life histories-ecology, phylogeny and evolution, Cambridge University Press London.

Harbouche H., 2005 - Etude botanique et phytochimique de l'espèce *Datura stramonium* L. dans la région de Sétif. *Mémoire de Magistère. Université Ferhat Abbas Sétif*, 105 p.

Harry M., 2008 – Génétique moléculaire et évolutive. *Collection Sciences Fondamentales. Ed. Maloine, 2ème Edition*, 465 p.

Hashimoto T. & Yamada Y., 1986 – Hyoscyamine 6  $\beta$ - hydroxylase, oxoglutarate dependent dioxygenase, alkaloids- Producing root culture. *Plant Physiol.* 81 : 619-625.

Hashimoto T. Hayashi A., Amano Y., Kohno J., Iwanari H., Usuda S. & Yamada Y., 1991 - Hyoscyamine 6  $\beta$ - hydroxylase an enzyme involved in tropane alkaloid biosynthesis, is localized at the pericycle of the root. *The journal of Biological Chemistry* 266(7) : 4648-4653.

Heby O., 1981- Role of polyamine in the control of cell proliferation and differentiation; *Springer-verlag* (19) : 1-20.

Hegde S.G., Valkum J., & Waines J.G., 2002- Genetic diversity in wild and weedy *Aegilops, amblyoprum*, and scale species- A preliminary survey. *Crop. Sci.* 42 : 608-614.

Herisset A., Desjobert A., & Boussarie M.F. 1970 – Détermination de l'époque optimale de récolte de quelques plantes médicinales. Les Plantes à alcaloïdes. *Plant. Med. Phytot.* IV (2) 126 -137.

Heywood H., 1996 – Les plantes à fleurs. 306 familles de la flore mondiale. Ed. Nathan. Paris.

Hougaard D. M., 1992 – Polyamine phytochemistry: localization and possible functions of polyamines, *International Review of Cytology*, 138 : 51-87.

Houmani Z., Cosson L., Corbineau F. & Com D., 1994- Etude de la teneur en hyoscyamine et en scopolamine d'une population sauvage de *Datura stramonium* L. en Algérie. *Acta. Bot, Gallica*, 141 (1) : 61-66.

Houmani Z., & Cosson L., 1998 - Composition en alcaloïdes tropaniques de deux espèces de *Datura* identifiées en Algérie : *Datura ferox* L. et *Datura quercifolia* H.B.K. - biochimie, alcaloïde tropanique, *Datura ferox*, *Datura quercifolia*, Algérie - 1 tab. 1 fig. p. 195-198 - Société Botanique de France, *Acta. bot. gall.*, Tome 145 - Fascicule 3.

Houmani-Benhizia Z., 1999- Quelques plantes algériennes à alcaloïdes tropaniques, effet du stress salin et hydrique sur la production d'alcaloïdes, variation de leur teneur au cour du stockage, Th, Doc, *I.N.A., El-Harrach*, Alger, 86p, annexes.

Houmani Z & Cosson L., 2000 - Quelques espèces algériennes à alcaloïdes tropaniques. *Ethnopharmacology*. Edit-Erga : 205-219.

Hunziker A., 2000 - South American *Solanaceae*: a synoptic survey. In the biology and taxonomy of the *Solanaceae*. Hawkes, J.G. Skelging, A.D. *American press*, London, pp. 49-85.

Huxley A., Griffith M., & Levy M., 1992 - Dictionary gardening. Mac Milan Press, London and Stockton Press, New York.

Javier P., Arturo N-O, Hernandez-Vazquez L. & Mirjalili M. H., 2008-Application of Metabolic Engineering to the Production of Scopolamine. *Molecules*, 13, 1722-1742; DOI: 10.3390/molecules13081722.

Jiao M., Luna-Cavazos M., Bye R., 2002 - Allozyme variation in Mexican species and classification of *Datura* (*Solanaceae*). *Plant. Syst. Evol.*, vol. 232, no. 3, pp. 155-166,

Kapahi K. & Sarin Y.K., 1978 – Natural factors governing the growth and alkaloid yield in *Datura innoxia* Mill. *The Indian. J. Pharm.* 1 : 14-15.

Karnick, C.R & Saxena, M.D., 1970. On the variability of alkaloid production in *Datura* species. *Planta Medica* 19 : 266-269.

Kartal M., Kurucu S., Altun L., Ceyhan T., Sayar E., Cevheroolu S. & Yetkin Y., 2003- Quantitative Analysis of l-Hyoscyamine in *Hyoscyamus reticulatus* L. by GC-MS. *Turk. J. Chem.* (27) : 565-569.

Kenneth J. Broadley D. & Kelly R., 2001 - Muscatine Receptor Agonists and Antagonists. *Molecules* 6, 142-193.

Khelifi-slaoui, M., Rezine, R., Amroun, S., Amdoun, R. & Khelifi, L. 2005 – Embryons somatiques et bourgeons néoformés induits sur explants issus de vitrosemis de *Datura stramonium* L. d'origine algérienne. *Actes du séminaire international sur l'amélioration des productions végétales*. Alger, Ed. Khelifi : 114-118.

Kitamura K., Yamachita A., Miura H., & Watanab M., 1995 – Atropine dynamics in seedling of *Duboisia myoporoides*. *J. Plant. Physiol.* 146 (3) : 210 – 216.

Kobt H. T.F., 1981- Les plantes médicinales. Ed Dar El Merikh . 356p. (document rédigé en arabe)

Lagunez Rivera L., 2006 - Etude de l'extraction de métabolites secondaires de différentes matières végétales en réacteur chauffé par induction thermomagnétique directe. *Thes. Doct. Agro. Ressources*. Institut National Polytechnique (Toulouse).

Lakhdar Ezzine D., 2003. Etude comparée de la production d'alcaloïdes tropaniques chez deux espèces de *Datura*: *Datura ferox* L., et *Datura innoxia* Mill., spontanées et cultivées, *Mém, Mag, Agr, Univ, Blida*, 74p.

Lapostolle F. & Flesh F. 2006 -Particularités des nouvelles drogues. *Réan* ; 15 : 412 417.

László K., Hank H., László I.,& Szőke É., 2005 - Simultaneous analysis of hyoscyamine, scopolamine, 6â-hydroxyhyoscyamine and apoatropine in Solanaceous hairy roots by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, Volume 1091, Issues 1–2, 1, Pages 32-39.

Lefort-Buson M., 1985. Distances génétiques et hétérosis. 1. Mise en évidence d'une relation entre hétérosis et divergence génétique. pp. 111-118. In : M. Lefort-Buson & D. de Vienne. Les distances génétiques. Estimations et applications. L.N.R.A., Paris, 181 p.

Lockwood, T. E., 1973- Generic recognition of *Brugmansia*, *Bot. Mus. leaflet*, Harvard University, 23 : 273-284.

- Luna-Cavazos M., R. Bye, & Jiao M., 2009 - The origin of *Datura metel* (Solanaceae): genetic and phylogenetic evidence. *Genet. Resour. Crop. Evolution*, vol. 56, no. 2, pp. 263-275;
- Mace, E.S., Gebhardt, C.G., & Lester, R.N., 1999 - AFLP analysis of genetic relationships in the tribe *Datureae* (Solanaceae). *Theor. Appl. Genet.* 99, 634-641.
- Mairura, F.S. & Setshogo, M.P. 2008 - *Datura stramonium* L. In: Schmelzer, G.H. Gurib-Fakim, A. (Editeurs). *Prota 11(1): Medicinal plants/ Plantes médicinales 1*. [CD-Rom]. PROTA, Wageningen, Pays Bas.
- Mateus L., Cherkaoui S., Christen P., & Veuthey J.L., 1999 - Enantioseparation of atropine by capillary electrophoresis using sulfated  $\beta$ -cyclodextrin: application to a plant extract. *Journal of Chromatography A*, 868(2). 285–294.
- Molinier, J., Ries, G., Zipfel, C. & Hohn, B. 2006 - Transgeneration memory of stress in plants, *Nature*, 442 : 1046-1049.
- Montcriol A., Kenane N., Delortb G., Asencio Y., & Palmier B., 2007 - Intoxication volontaire par *Datura stramonium* : une cause de mydriase mal connue. *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation* 26, 810–813.
- Motten, A. F., & Antonovics, J., 1992- Determinants of outcrossing rate in a predominantly self-fertilizing weed *Datura stramonium* (Solanaceae). *American Journal of Botany*. 79(4) : 419-427.
- Mroczek T., Glowniak K., & Kowalska J. 2005 - Solid-Liquid extraction and cation-exchange solid-phase extraction using a mixed polymeric sorbent of *Datura* and related alkaloids. *Journal of Chromatography A*, 1107. 9–18.
- Nachi N., 1989 - Etude du comportement de quelques populations de fenugrec (*Tigonelle foenum graecum* L.) de différentes provenances, *Mém, Ing, Agr, INA, El- Harrach, Alger*, 100p.
- Nait Bachir S., 2007 – Analyse de la variabilité génétique de quelques espèces du Genre *Lolium* L. : Etude morphologique et caryologique, *Mém. Magist. I.N.A –El Harrach*, 138 p.
- Nisar, M., Ghafoor, A., Habib Ahmad Khan, M.R., Qureshi, A.S., Haider, A. & Islam, M. 2008. Evaluation of genetic diversity of *Pea* germplasm through phenotypic trait analysis. *Pak. J. Bot.*, 40 : 2081-2086.
- Oskman-Galdentey K.M. & Arroo R., 2000 – Regulation of tropane alkaloid metabolism in plant and plant cell cultures.
- Pandey M. Saraswati S. & Agrawal S S., 2011- Antiproliferative effects of *Datura innoxia* extract in cervical Hela cell line. *Journal of Pharmacy Research*, 4(4), 1124-1126.
- Paris R.R. & Cosson L., 1965 – Sur la biogenèse des alcaloïdes du *Datura*, étude des variations ontogéniques à l'aide d'une méthode chromatographique chez le *Datura metel* Sims. *Compte Rendus de l'Académie des Sciences. Série D*, 260, (31) : 48-51.
- Paris M. & Hurabielle M., 1981- Abrégé de matière médicale (pharmacognosie) : généralités monographie. Première partie : plantes à glucides (holosides- hétérosides), à lipides, à huile, à protides et à alcaloïdes. *Ed. Masson. Paris*, 339p.

- Paris R.R. & Moyses H., 1971 - Les solanacées médicinales. Matière médicale. 3<sup>ème</sup> édition. Masson et Cie édit. Paris.
- Paul F. White., Jun Tang., Dajun Song., Jayne E. Coleman., Ronald H. Wender., Babatunde O., Sloninsky A., Rajani Kapu., Shah M. et Tom Webb. 2007 - Transdermal scopolamine: An alternative to ondansetron and droperidol for the prevention of postoperative and post discharge Emetic Symptoms. *International Anesthesia*. Vol.104, No.1.
- Pelikan W., 1986 - L'Homme et les plantes médicinales. Tome I. Centre triades. Paris : 193-196.
- Poletti A., 1988 - Fleurs et plantes médicinales. Ed. Délachaux et Nestlé S.A., Paris, 222p.
- Pretorius P., & Marx J., 2006 - *Datura stramonium* in asthma treatment and possible effects on prenatal development. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 21 (3): 331-337.
- Quézel, P. & Santa, S. 1962. - Nouvelle flore d'Algérie et des zones désertiques méridionales. Tome II. Ed. C.N.R.S., Paris, 1170p.
- Robins R., Par A.J., Payne J., & Wlatoon N.J.C., 1990 - Factors regulating tropane-alkaloid production in transformed root culture of *Datura candida* x *D. aurea* hybrid, *Planta*, 181 : 414-422.
- Robins, R., & Walton, N., 1993 - The biosynthesis of tropane alkaloids. In: Brossi, A. (Ed.), the Alkaloids, vol. 44. Academic Press, New York, pp : 115-187.
- Rolard B., 2002- Pollution chimique et radioactive : les plantes au secours de l'homme. In : <http://www.perso.club-internet.fr/phyto200/pollution.html>
- Rousseau C., 1968 – Histoire, habitat et distribution de 220 plantes introduites au Québec. *Nat. Can.* 95 : 49 – 169.
- Saenz-Carbonell, L.; Loyola-Vargas, V.M. 1996 - *Datura stramonium* hairy roots tropane alkaloid content as a response to changes in Gamborg's B5 medium. *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 3, 321–337.
- Sanchez R.A. & De Miguel L.C., 1985. – The effect of red light ABA and K<sup>+</sup> on the growth rate of *Datura ferox* embryos and its relation with the photocontrol of germination. *Botanical Gazette*. 146. 472-476.
- Sanders R . 2002 - Introduction. The following classification key will aid in identifying *Datura* species, [http://www.erowid.org/plants/datura/datura\\_key/datura\\_key13.html](http://www.erowid.org/plants/datura/datura_key/datura_key13.html).
- Schieder O., 1980 - Somatic Hybrids between a Herbaceous and Two Tree *Datura* Species, *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie*, Volume 98, Issue 2 : 119-127.
- Schmelzer G.H., & Gurib-Fakim A., 2008 - *Plantes médicinales 1, Ressources végétales de l'Afrique tropicale 11 (1)*, Prota, 868p.
- Schultz - Shaeffer J. 1980 – Cytogenetics. Plant Animals Humans, Springer- Verlag New York, 15: 244.
- Sean B. Carroll, Anthony J. F. Griffiths et R. C. Lewontin 2010 - Introduction à l'analyse génétique – Page 570.

- Senecal P.E., 1998. Intoxication tropaniques d'origine végétal au Québec. *Bulletin d'information toxicologique*, 14 (1) : 4-7.
- Série économique 1957- L'industrie Algérienne. *Série économique n° 21 du 30 Mars 1957*. 12 p. [http://alger.roi.fr/Alger/documents\\_algeriens/economique/pages/121\\_industrie.algerienne.htm](http://alger.roi.fr/Alger/documents_algeriens/economique/pages/121_industrie.algerienne.htm).
- Shonle I. & Bergelson J., 2000 - Evolutionary ecology of the tropane alkaloids of *Datura stramonium* L. (*Solanaceae*). *Evolution*, 54 : 778-788.
- Stecka, L., Mruk-Luczkiwicz, A. & Wilk, S. 1975 - Out put and composition of oil from seeds and total alkaloid content in leaves of *Datura stramonium* l. var. *tatula* from own cultivations. *herba Polonica*, 21 : 17-23.
- Steenkamp P. A., N. M. Harding., F. R. Van Heerden., B. -E. & Van Wyk., 2004 - Fatal *Datura* poisoning: identification of atropine and scopolamine by high performance liquid chromatography/photodiode array/mass spectrometry. *Forensic Science International*, 145- 313.
- Stewart P. 1974 - Un nouveau climagramme pour l'Algérie et son application au barrage vert. *Bull Soc Hist Nat Afrique du Nord*; 65 : 239-48.
- Symon D. & Haegi L. A. R., 1991 - *Datura* (*Solanaceae*) is a new world genus. *Solanaceae III, Royal Bot. Gard. Kew and the Linnean Society of London*, 197-210.
- Tafforeau M., 2002 - Etude des phases précoces de la transduction des signaux environnementaux chez le lin : une approche protéomique. *thes. Doct. Univ. Rouen*. 155 p.
- Theillier, M., Boyer, N., Julien, J.L., Verdus, M.C., Norris, V. & Ripoll, C. 1997 - Storage and expression of morphogenic signals in plants. *Sci. Rep. Agr. Plant Physiol*. pp : 15-21.
- Tomasson R., 1980 – Comment interpréter les résultats d'une analyse discriminante ? *ITCF* : 56p.
- Trabut A., 1935 – Répertoire des noms indigènes des plantes spontanées cultivées et utilisées dans le Nord de l'Afrique, Algiers, Algeria, Collection du Centenaire de l'Algérie. 355 p.
- Trewanas A., 2003 - Aspects of plant intelligence. *Annals of Botany*92 : 1-20.
- Vallet A., 1996- Contribution à l'étude de la biosynthèse des alcaloïdes tropaniques chez le *Datura innoxia* Mill. ; Transformation par *Agrobacterium tumefaciens*, *Agrobacterium rhizogenes* et culture de chevelus racinaires. *Thèse D.E.A. Université de Picardie Jules Verne. Amiens, France*
- Van De Velde H., Demeyer K., & De1aegere R., 1988- Influence of IAA and DMAA on hyocyanine and scopolamine production in *Datura stramonium* var. *Tatula*. *Acta Agronomica Hungaria* 37, 55-63.
- Van Der Meijden R., 1990- Heukels' Flora van Nederland, 21<sup>e</sup> druk, Wolters-Noordhoff bv, Groningen, The Netherlands.
- Verdrager J., 1978 - Ces médicaments qui nous viennent des plantes, Le *Datura*. Ed. Maloine S.A., Paris : 96-97.
- Verzar-petri G., Kiet D.H., & Szoke E., 1978 - The alkaloid production in *Datura innoxia* tissue cultures, *Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 24(3-4) : 351-361.

Weaver S. E., Dirks V. A., & Warwick S. I. 1985 - Variation and Climatic Adaptation in Northern Populations of *Datura stramonium*. *Canadian Journal of Botany* 63(7) : 1303-1308.

White F.F., Ghidossi G., Milton P., Gordon M. P. & Nester E.W., 1982 - Tumor induction by *Agrobacterium rhizogenes* involves the transfer of plasmid DNA to the plant genome. *Botany*, 79 : 3193-3197

Yousaf, Z., Masood, S., Shinwari, Z., Khan, M.A. & Rabani, A. (2008). Evaluation of taxonomic status of medicinal species of the genus *Hyoscyamus*, *Withania*, *Atropa* and *Datura* based on polyacrylamide gel electrophoresis. *Pak. J. Bot.*, 40 : 2289-2297.

### Web références

[http://www.erowid.org/plants/datura/datura\\_key/datura\\_key2.shtml](http://www.erowid.org/plants/datura/datura_key/datura_key2.shtml))

*Integrated Taxonomic Information System* ([www.ITIS.gov](http://www.ITIS.gov))

# Annexes

Annexe I : la Fiche d'enquête

Fiche N° / date :

Wilaya :

Localité :

Coordonnées :

Altitude :

Lieu de récolte (Foret, T agri....) :

Type de sol :

Culture associée :

Caractérisation de l'espèce	Fréquence
Nom vernaculaire :	Rare
Synonymes locaux :	Peu fréquent
Sens du Nom :	Fréquent
Origine présumée :	Abondant
Utilisation :	

Description des sujets prospectés

Longueur de la plante :

Position de la fleur :

Orientation :

Couleur de la fleur :

Longueur et largeur des feuilles médianes :

Diamètre au collet :

Caractéristique de la capsule et la graine :

Nombre de capsules sur la plante :

Position des capsules :

Nombre De valves / Capsule :

Couleur de la graine :

Nombre moyen de Graines / Capsule :

Poids de 10 graines (grs)

## Annexe II : ANOVA interprovenance *Datura stramonium*

Analyse de la variance pour SF

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	1497,13	11	136,103	10,74	0,0000
Résidu	2129,79	168	12,6773		
Total (Corr.)	3626,92	179			

Analyse de la variance pour LOF

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	20,3804	11	1,85277	24,18	0,0000
Résidu	12,8735	168	0,0766282		
Total (Corr.)	33,254	179			

Analyse de la variance pour LOC

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	13,9587	11	1,26897	104,09	0,0000
Résidu	2,04803	168	0,0121906		
Total (Corr.)	16,0067	179			

Analyse de la variance pour LAC

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	4,61986	11	0,419987	29,02	0,0000
Résidu	2,43172	168	0,0144745		
Total (Corr.)	7,05158	179			

Analyse de la variance pour PSCV

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	0,633047	11	0,0575497	7,37	0,0000
Résidu	1,31237	168	0,00781175		
Total (Corr.)	1,94542	179			

Analyse de la variance pour LOE

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	11,3666	11	1,03332	122,24	0,0000
Résidu	1,42011	168	0,00845302		
Total (Corr.)	12,7867	179			

Analyse de la variance pour LOG

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	0,64566	11	0,0586964	77,79	0,0000
Résidu	0,12676	168	0,000754524		
Total (Corr.)	0,77242	179			

Analyse de la variance pour LAG

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	0,454007	11	0,0412733	27,85	0,0000
Résidu	0,248973	168	0,00148198		
Total (Corr.)	0,70298	179			

Analyse de la variance pour NCP

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	390,856	11	35,5324	35,70	0,0000
Résidu	167,214	168	0,995321		
Total (Corr.)	558,07	179			

Analyse de la variance pour NRP

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	407,056	11	37,0051	10,91	0,0000
Résidu	569,701	168	3,39108		
Total (Corr.)	976,757	179			

Analyse de la variance pour HP

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	128,945	11	11,7223	21,48	0,0000
Résidu	91,7018	168	0,545844		
Total (Corr.)	220,647	179			

Analyse de la variance pour DC

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	60,3231	11	5,48392	20,22	0,0000
Résidu	45,5618	168	0,271201		
Total (Corr.)	105,885	179			

tion de *Datura stramonium*

NCP	LOF	SF	LAC	LOC	LOG	LAG	LOE	PSCV	HS	SL
1										
0,501	1									
-0,740	-0,615	1								
0,263	0,695	-0,465	1							
0,078	-0,037	-0,206	0,548	1						
0,511	0,684	-0,595	0,450	0,095	1					
0,278	0,204	-0,329	0,071	0,086	0,802	1				
-0,548	-0,903	0,672	-0,437	0,263	-0,687	-0,266	1			
-0,127	-0,019	0,242	0,417	0,515	-0,155	-0,184	0,419	1		
-0,487	-0,812	0,743	-0,429	0,046	-0,655	-0,296	0,876	0,318	1	
0,503	0,663	-0,386	0,100	-0,312	0,677	0,380	-0,786	-0,362	-0,637	1

Annexe IV : ANOVA interprovenance *Datura innoxia*

Analyse de la variance pour DC \_cm\_

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	3,98748	10	0,398748	2,22	0,0234
Résidu	15,7979	88	0,179521		
Total (Corr.)	19,7854	98			

Analyse de la variance pour HP \_cm\_

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	11065,3	10	1106,53	7,06	0,0000
Résidu	13782,9	88	156,624		
Total (Corr.)	24848,2	98			

Analyse de la variance pour LAC \_cm\_

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	13,5608	10	1,35608	58,88	0,0000
Résidu	2,02667	88	0,0230303		
Total (Corr.)	15,5875	98			

Analyse de la variance pour LOC \_cm\_

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	6,80182	10	0,680182	35,68	0,0000
Résidu	1,67778	88	0,0190657		
Total (Corr.)	8,4796	98			

Analyse de la variance pour LOE \_cm\_

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	0,327475	10	0,0327475	0,83	0,5998 NS
Résidu	3,46667	88	0,0393939		
Total (Corr.)	3,79414	98			

Analyse de la variance pour LOF \_cm\_

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	82,7208	10	8,27208	15,55	0,0000
Résidu	46,8263	88	0,532117		
Total (Corr.)	129,547	98			

Analyse de la variance pour LOG \_mm\_

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	12,3205	10	1,23205	39,36	0,0000
Résidu	2,75447	88	0,0313008		
Total (Corr.)	15,0749	98			

Analyse de la variance pour NCP

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	2652,73	10	265,273	3,05	0,0023
Résidu	7663,78	88	87,0884		
Total (Corr.)	10316,5	98			

Analyse de la variance pour NRP

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	17699,6	10	1769,96	7,69	0,0000
Résidu	20251,6	88	230,131		
Total (Corr.)	37951,1	98			

Analyse de la variance pour PSCV\_g\_

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	9,08571	10	0,908571	28,38	0,0000
Résidu	2,81716	88	0,0320131		
Total (Corr.)	11,9029	98			

Analyse de la variance pour SF \_cm²\_

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	10368,3	10	1036,83	0,27	0,9871 NS
Résidu	344300,	88	3912,5		
Total (Corr.)	354668,	98			

Annexes V : matrice de corrélation de *Datura innoxia*

	NRP	LOC	HS	SL	LAG
NRP	1	-0,443	0,423	0,579	0,448
LOC		1	-0,266	-0,084	-0,224
HS			1	0,905	0,314
SL				1	0,225
LAG					1

*En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil  $\alpha=0,050$  (test bilatéral)*

Annexe IV : ANOVA interspécifique et interprovenance des *Datura* sp.

Analyse de la variance pour DC \_cm\_

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	78978,9	26	3037,65	149,13	0,0000
Résidu	5540,4	272	20,3691		
Total (Corr.)	84519,3	298			

Analyse de la variance pour HP \_cm\_

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	119969,	24	4998,72	26,87	0,0000
Résidu	50974,9	274	186,04		
Total (Corr.)	170944,	298			

Analyse de la variance pour LAC \_mm\_

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	8246,52	24	343,605	166,27	0,0000
Résidu	566,223	274	2,06651		
Total (Corr.)	8812,74	298			

Analyse de la variance pour LAG \_mm\_

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	22,703	24	0,945958	42,85	0,0000
Résidu	6,04853	274	0,0220749		
Total (Corr.)	28,7515	298			

Analyse de la variance pour LOC \_cm\_

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	5271,81	24	219,659	101,38	0,0000
Résidu	593,682	274	2,16672		
Total (Corr.)	5865,5	298			

Analyse de la variance pour LOE \_mm\_

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	2122,12	24	88,4218	31,67	0,0000
Résidu	765,015	274	2,79203		
Total (Corr.)	2887,14	298			

Analyse de la variance pour LOF \_cm\_

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	464985,	24	19374,4	1053,20	0,0000
Résidu	5040,43	274	18,3957		
Total (Corr.)	470026,	298			

Analyse de la variance pour LOG \_mm\_

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	60,2675	24	2,51115	140,42	0,0000
Résidu	4,89991	274	0,0178829		
Total (Corr.)	65,1674	298			

Analyse de la variance pour NCP

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	29521,7	24	1230,07	17,72	0,0000
Résidu	19014,9	274	69,3975		
Total (Corr.)	48536,6	298			

Analyse de la variance pour NRP

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	672878,	24	28036,6	31,52	0,0000
Résidu	243752,	274	889,605		
Total (Corr.)	916630,	298			

Analyse de la variance pour PSCV\_g\_

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	23,2932	24	0,97055	24,57	0,0000
Résidu	10,8229	274	0,0394996		
Total (Corr.)	34,1161	298			

Analyse de la variance pour SF \_cm²\_

<i>Source</i>	<i>Sommes des carrés</i>	<i>Ddl</i>	<i>Carré moyen</i>	<i>Rapport F</i>	<i>Proba.</i>
Modèle	513378,	24	21390,7	15,07	0,0000
Résidu	388813,	274	1419,02		
Total (Corr.)	902191,	298			

## Résumé

La répartition des *Daturas* s'étend sur l'ensemble des étages bioclimatiques du Nord de l'Algérie et déborde largement au niveau des oasis du Sud. Cependant, leur présence/abondance varie selon l'espèce.

Par ailleurs, la diversité morphologique des *Daturas* a été estimée sur 15 caractères phénotypiques de vingt cinq provenances de *Datura stramonium*, *Datura inoxia*, *Datura ferox* en plus d'un hybride. A cet effet, les graines des 25 provenances ont été récoltées, conservées puis cultivées dans des conditions homogènes. Le suivi a été fait depuis la germination de la graine jusqu'à la maturité des capsules. Pour déclencher des germinations homogènes chez les *Daturas*, il est indispensable de scarifier les graines et de les mettre à germer à la température optimale de 27°C.

La diversité observée chez les *Daturas* se situe à deux niveaux : intraprovenance et interprovenance. La diversité intraprovenance peut être expliquée par l'allogamie partielle qui caractérise ce genre. Cette propriété permet à l'espèce de s'adapter à des milieux variables. Quant à la diversité interprovenance, elle peut être expliquée par le fond génétique, les effets du milieu d'origine et, dans une certaine mesure, par les interactions génotype x milieu. En effet, les paramètres statistiques, ACP, AFD et CAH, ont montré une discrimination nette des provenances et des espèces par de nombreux caractères morphologiques. En effet, les moyennes canoniques des 25 provenances sont significativement différentes pour l'ensemble des caractères pris en considération (biométrie du plant, fleurs, capsules et graines).

Concernant, les alcaloïdes (hyoscyamine et scopolamine) les 25 provenances des 3 espèces de *Datura*, ont montré des teneurs significativement différentes. Le fond génétique et/ou l'origine géographique peuvent en être à l'origine. *D. ferox* vient en tête du classement en terme d'alcaloïdes totaux, il est suivi par *D. stramonium*, puis *D. inoxia* et enfin l'hybride. Cependant, pour la scopolamine, qui est majoritairement produite dans les feuilles, *D. ferox* se classe en premier, il est suivi par *D. inoxia* ensuite *D. stramonium* puis l'hybride. Par contre pour la teneur en hyoscyamine, c'est *D. stramonium* qui se classe en tête, suivi par l'hybride, le *D. ferox* et enfin le *D. inoxia*.

Mots clés : alcaloïdes, biométrie, *Datura*, diversité génétique, intraprovenance, interprovenance, hybride, hyoscyamine, scopolamine

## Summary

The distribution of *Daturas* covers all bioclimatic Northern Algeria and extends far beyond the level of the southern oases. However, their presence / abundance varies with species.

Morphological diversity was estimated on 15 phenotypic traits of Twenty five provenances of *Datura stramonium*, *Datura inoxia*, *Datura ferox* and Hybrid, whose distribution is variable depending on the species, it extends across the northern part of Algeria including Oasis South Algerian Nedroma (extreme western Algeria: bioclimatic semi-arid) to El Kala (the Algerian-Tunisian border: bioclimatic wet) and even in some areas of South Algeria (bioclimatic: arid). For this purpose, the seeds of 25 provenances were collected, stored and then cultured under homogeneous conditions. Follow-up was due to seed germination to maturity capsules. Induction and rapid entry in germination of *Datura* appear to be closely related to two main factors: the scarification and temperature of 27 ° C.

The study shows the heterogeneity variability intraprovenance of some morphological traits, this suggests that the species of *Datura*, adopting a strategy of partial selfing reproduction, allowing them to maintain a certain variability.

As for the study of diversity and interspecies interprovenance, the application of statistical parameters, ACP, AFD and CAH have been used to discriminate species and provenances from the most remarkable characters. The canonical average of 25 such sources is significantly different for all biometric characteristics (morphology of the plant, flowers, capsules, seeds). On, the alkaloid content (hyoscyamine and scopolamine) 25 origins of 3 *Datura* species seems to be influenced by the geographical and bioclimatic distribution. Furthermore, the study shows that the alkaloid composition varies with species, *D. ferox* tops the ranking, it is followed by *D. stramonium* and *D. inoxia* and finally the hybrid. However, in terms of scopolamine, which is mainly produced in the leaves, *D. ferox* is first class, it is followed by then *D.inoxia*, *D. stramonium* and the hybrid. For the content of hyoscyamine is *D. stramonium* which ranks first, followed by hybrid and *D. ferox* and finally *D. inoxia*.

Keywords: alkaloids, biometrics, *Datura*, genetic diversity, intraprovenance, interprovenance, hybrid, hyoscyamine, scopolamine