

# Variabilité éco-génétique de la production des graines du pin d'Alep et possibilités de son amélioration

Mohamed Larbi Khouja, Abdelaziz Ayari, Wahbi Jaouadi, Adel Abada et  
Mariem Khouja

Workshop " *Enhanced production of edibles from forests and orchards*".  
le 12 et 13 Novembre 2019 à Tunis (projet INCREDIBLE)



Le pin d'Alep est une espèce fructifère caractérisée par l'abondance de sa production en cônes.



L'espèce est marquée aussi par une floraison (mâle et femelle) très abondante et un taux de fécondation élevé.



## Spécificités de la fructification du pin d'Alep

La fructification du pin d'Alep est caractérisée, en plus de son abondance, par sa **précocité** et sa **régularité**.

Par comparaison à d'autres espèces, le pin d'Alep se démarque nettement des autres pins méditerranéens par la précocité et la périodicité de sa fructification (Tapias et al, 2004 ).

### Précocité (1<sup>ère</sup> année de fructification)

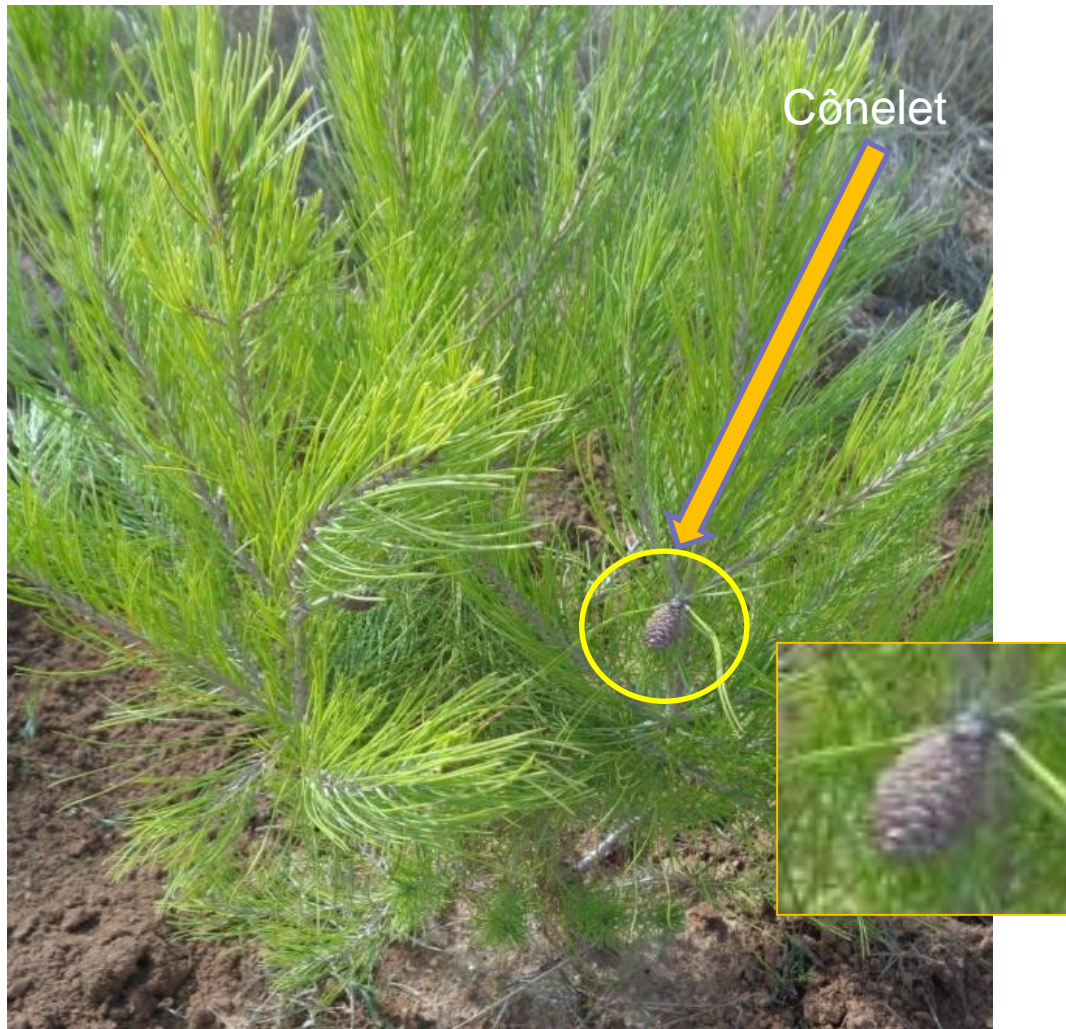
P. d'Alep (4-8) < P. maritime (4-10) < P. pignon (10-20) < P. canaries = P. nigra (15-20)

### Périodicité (intervalle entre 2 fructifications en nombre d'années)

P. d'Alep (1) < P. maritime (1-2) < P. nigra (2-4) < P. pignon = P. canaries (3-4)



## Entrée en fructification



Jeune plant de Pin d'Alep à Hsinet Sidi Bou Ali – (âge ~ 2 ans)  
(Plantation janvier 2016)  
(Photo Mariem Khouja – octobre 2017)

L'entrée en fructification peut être précoce.

Dans les conditions les plus favorables, on voit déjà : apparaître les inflorescences femelles (cônelets) à un âge plus juvénile à partir de la 2<sup>ème</sup> année de plantation.

Ces cônelets finissent par avorter car ils ne sont pas fécondés à cause de l'absence d'inflorescences mâles.

Le déclenchement de la floraison mâle est généralement décalé d'une à deux années.

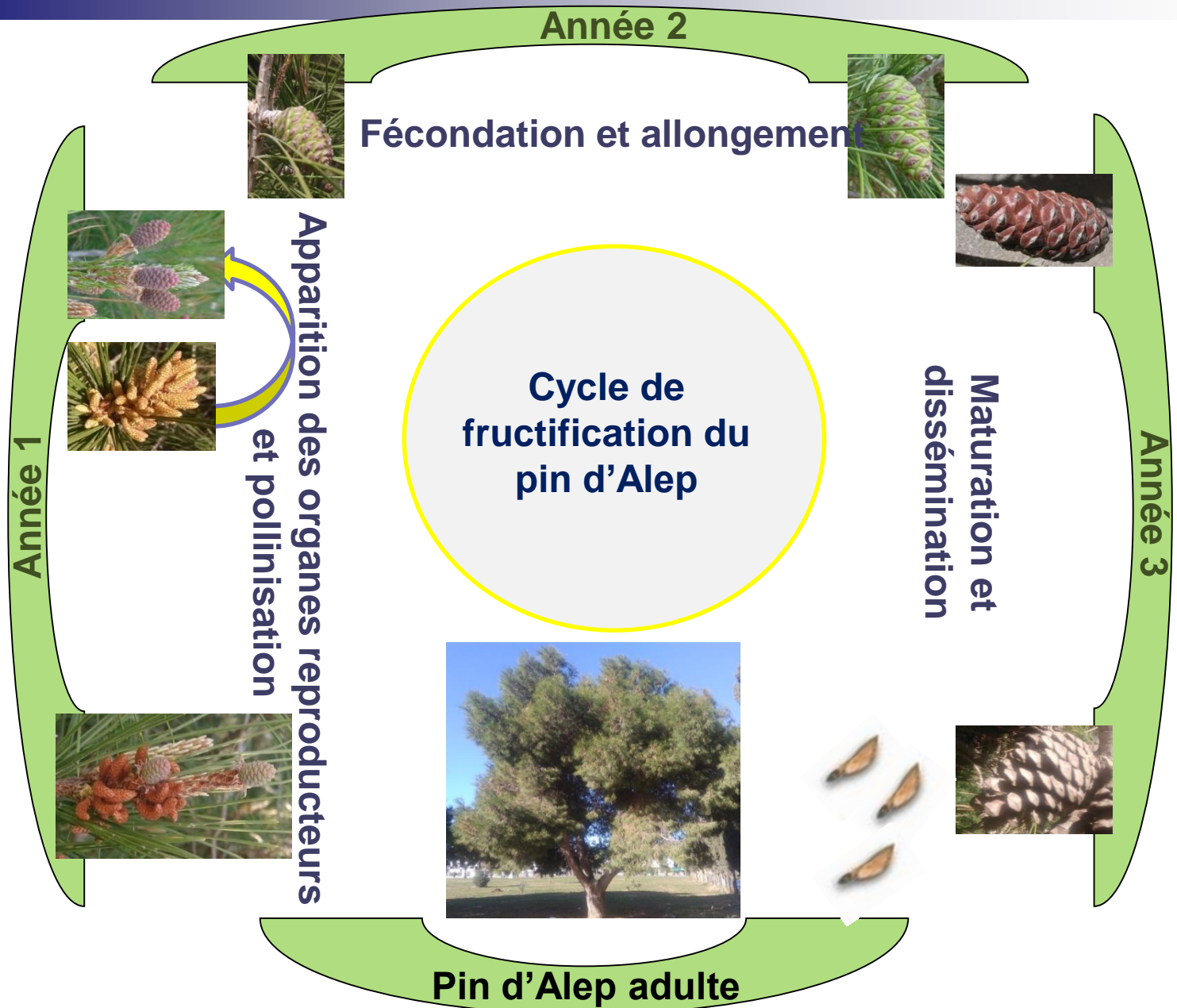


Figure: Cycle de fructification du pin d'Alep (conception Khouja M, 2019)

# Stades évolutifs saisonniers de formation et de maturation des cônes pour un cycle de 3 ans

**Année 1**



Fin Hiver



Printemps



Eté - Automne début Hiver Année 1

**Eclosion**

**Année 2**



Fin Hiver - Début Printemps



Fin Printemps



Eté - Automne début Hiver Année 2

**Accroissement**

**Année 3**



Hiver Printemps



Eté - Année 3

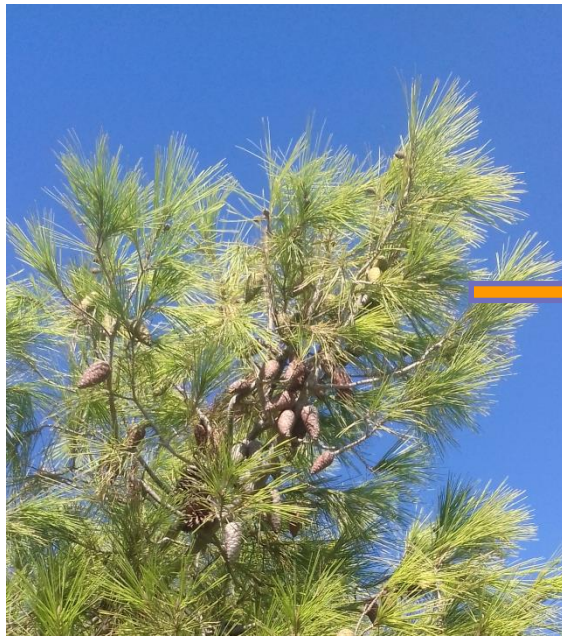
**Maturation**



## Les différents états du fruit de pin d'Alep

Si le cône met 4 ans pour mûrir, l'arbre continue, pendant ce temps, de produire annuellement des cônes. Si bien que sur une même branche, on trouve des cônes, d'âge différent (1, 2, 3 et 4 ans).

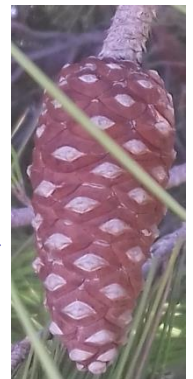
Ces cônes se distinguent par leur position sur le branch, leur taille et par leur couleur.



Cône de l'année



Cône de 2 ans



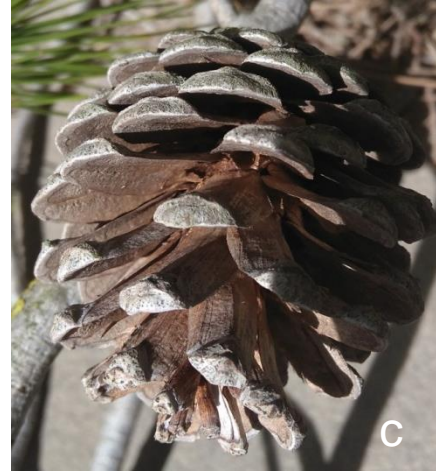
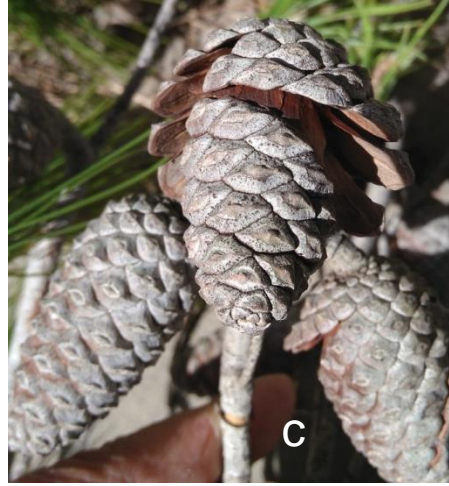
Cône de 3 ans



Représentation architecturale d'une branche portant un grand nombre de cônes d'âge très différent reconnaissables par leur position sur les ramifications. On peut trouver à la fois: des cônes mûrs de l'année, des cônes ouverts et des cônes fermés persistants.



## Stades de maturation des cônes



Le cône met généralement 3 à 4 ans pour mûrir.

Après la fécondation au printemps de la 2<sup>ème</sup> année, le cône prend une couleur verte (a) et s'allonge jusqu'à prendre sa taille finale au stade maturité complète.

Une fois mûr (été - automne de la 3<sup>ème</sup> année), le cône est complètement sec et d'une couleur marron virant au brun (b – c).

Au stade post maturité, certains cônes s'ouvrent (c) et laissent échapper leurs graines, d'autres plus persistants (d) demeurent plusieurs années sur l'arbre sans s'ouvrir (cônes sérotineux).

## La sérotonie

La sérotonie est l'aptitude d'une espèce à garder des cônes fermés pendant plusieurs années voire plusieurs décennies.

C'est un comportement adaptatif contre les agressions sévères, soit naturelles (xéricité excessive du climat), soit accidentelles (feu de forêt).

Les cônes sérotineux s'ouvrent par l'effet d'une grande chaleur et lâchent leurs graines afin de permettre la régénération.



Le pin d'Alep se distingue des autres pins en termes du taux des cônes sérotineux et de leur persistance sur l'arbre (Tapias et al, 2004):

**% de cônes sérotineux :**

P d'Alep (40-80) < P. maritime (2-82) < P canaries (0-60) < P pignon = P nigra (0)

**Persistance (nombre d'années sur l'arbre):**

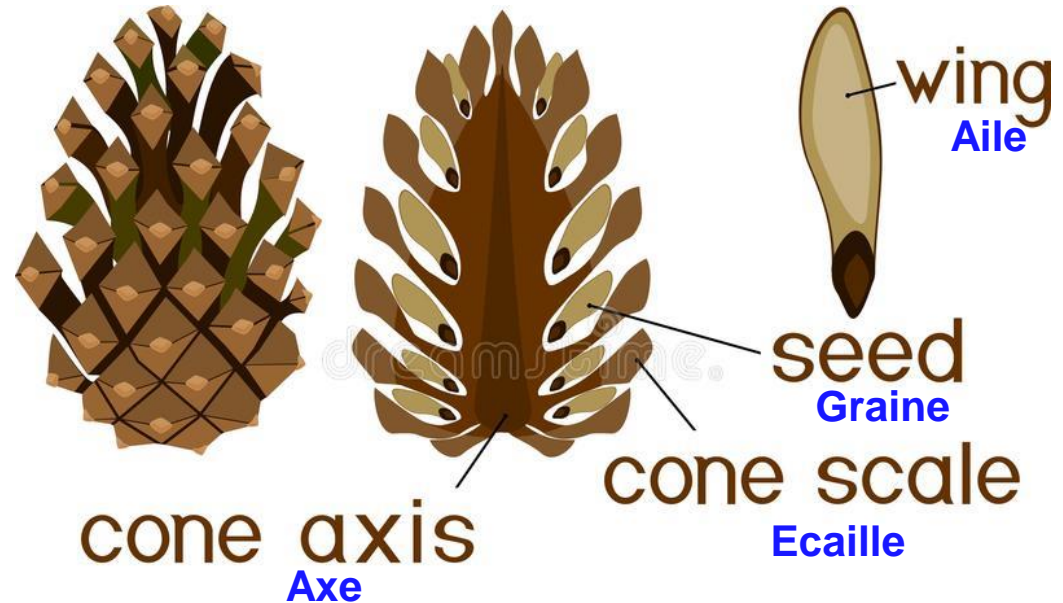
P. d'Alep (5-20) < P. maritime (2-40) < P canaries (2-10) < P pignon = P nigra (1-3)

Au sein de la même espèce, il peut y avoir une forte variabilité entre provenances.



# Caractéristiques morphologiques des cônes et des graines

## Cône mûr entier et en coupe transversale



<https://stock.adobe.com/si/images/life-cycle-of-pine-tree-reproduction-of-gymnosperms>

### Cône renfermant des graines mûres

Le **cône de pin** est formé d'écailles épaisses, rattachées à un axe principal ligneux dur.

Chaque écaille abrite deux graines qui sont simplement posées sur les écailles. Les graines sont ailées afin d'être emportées par le vent pour une large dissémination.



## Caractère distinctif entre le pin d'Alep et le pin brutia

Il existe souvent une confusion entre le pin d'Alep et l'espèce affine: le pin brutia. La présence d'un cône pédonculé chez le pin d'Alep est un caractère distinctif qui le différencie du pin brutia.



Cône du pin d'Alep :  
cône réfléchi, pédonculé



Cône du pin brutia :  
cône sessile, de taille + grande, incliné  
vers l'extrémité du rameau

## Variabilité de la production en cônes et en graines

La production en cônes et en graines dépend de plusieurs facteurs : des facteurs intrinsèques propres à l'espèce et des facteurs extrinsèques d'ordre environnemental (Ayari, 2010, 2011, 2019 ; Ayari *et al*, 2011 ; 2012 ; Ayari et Khouja, 2014).

Une relation très étroite a été observée entre la production en cônes et en graines de point de vue quantitatif et qualitatif et différentes caractéristiques biotiques ou abiotiques. Une relation avec :

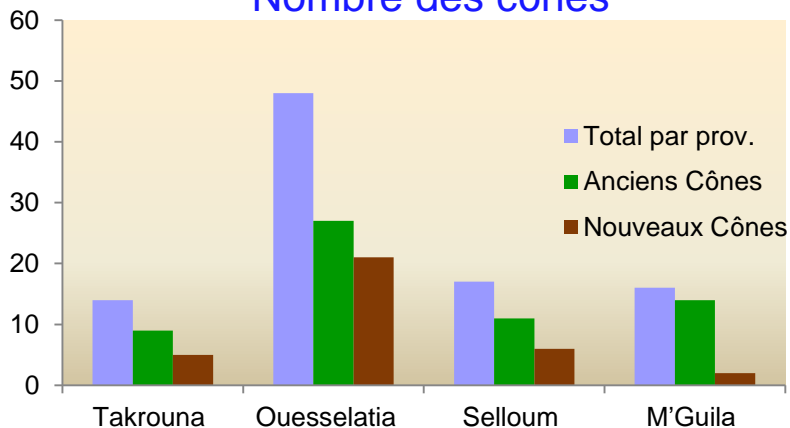
- les caractéristiques géographiques (gradient latitudinal, longitudinal et altitudinal) ;
- les caractéristiques écologiques (bioclimat, conditions édaphiques (substrat, type de sol), concurrence avec la végétation associée) ;
- les caractéristiques microstationnelles (fertilité, perméabilité et humidité du sol ...) ;
- les caractéristiques sylvicoles (âge, densité, hauteur dominante, surface terrière...).

Aussi, plusieurs travaux confirment la présence d'une variabilité de la production à l'échelle intraspécifique et individuelle (Sghaier *et al.*, 1997 ; Khouja et Sghaier, 2000 ; Ayari *et al.*, 2011 ; Jaouadi *et al*, 2018).

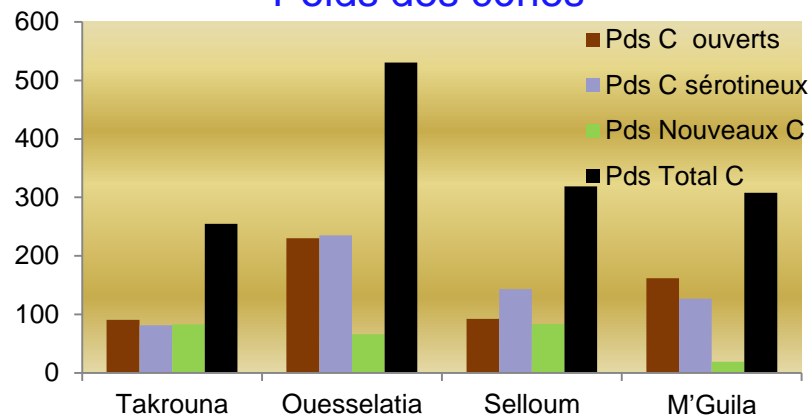
## Variabilité intraspécifique de la production des cônes et des graines

L'étude a concerné 4 provenances (Khouja, 2017). Les arbres échantillonnés sont comparables sur le plan dendrométrique, caractérisés par : une hauteur moyenne de 8 m ; un diamètre moyen de 14 cm et un diamètre de houppier moyen de 4 m.

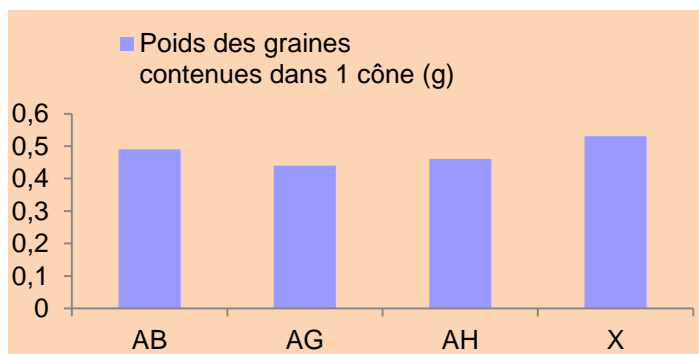
Nombre des cônes



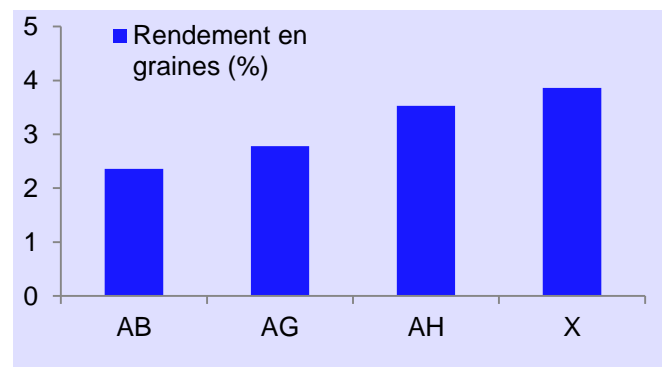
Poids des cônes



Poids des graines dans un cône



Rendement en graines (%)

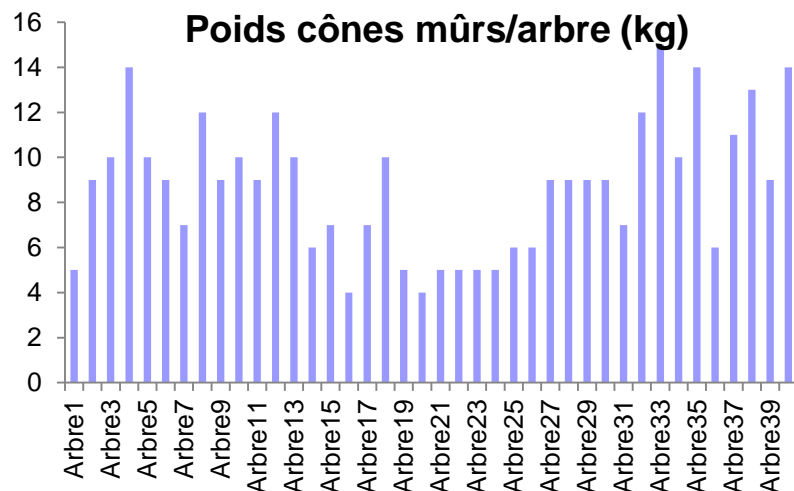


Tous les paramètres mesurés sur les cônes ou sur les graines diffèrent significativement avec la provenance ( $p < 0,001$ )



# Variabilité individuelle de la production en cônes et en graines

## Production individuelle des cônes: cas de la forêt de Dar Chichou



Reboisement âgé de : 50 ans

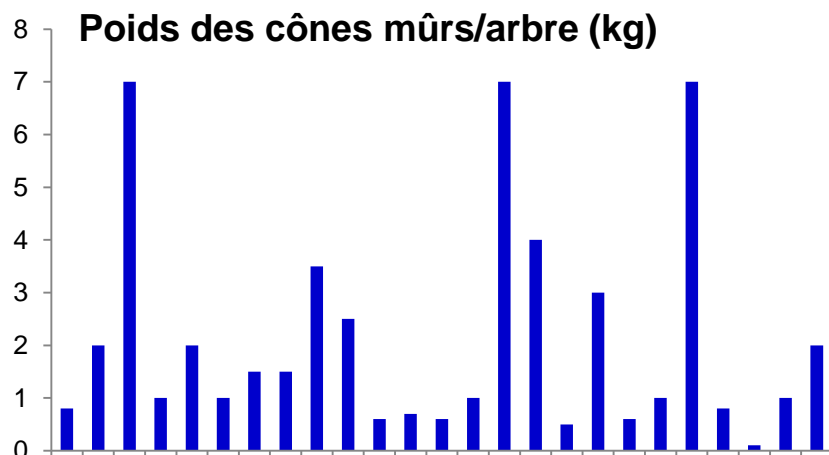
Hauteur (m) :  $5 < 6.6 < 8.5$

Diamètre (cm) :  $10 < 16 < 26$

Poids des cônes mûrs (kg)/arbre:  
 **$4 < \text{moy } 8.7 \text{ kg} < 15$**

(Guemri, 2018 ; Jaouadi *et al.*, 2018)

## Production individuelle des cônes – cas de la forêt de Oued El Bir



Reboisement d'âge approximatif de 40 ans

Hauteur des arbres: 2.5 m à 7 m.

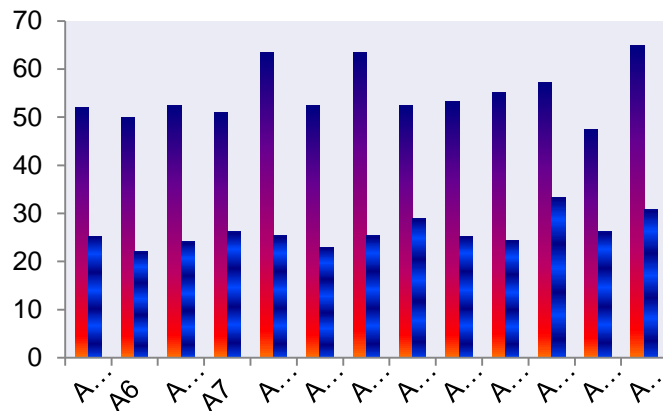
Diamètre : clas. 5 cm à clas..20 cm.

Poids des cônes mûrs (kg) /arbre:  
 **$0,1 < \text{moy } 2.1 \text{ kg} < 7$**

**Forte variabilité entre sites et entre arbres dans un même site**

# Variabilité individuelle des caractéristiques morpho-métriques des cônes et des graines

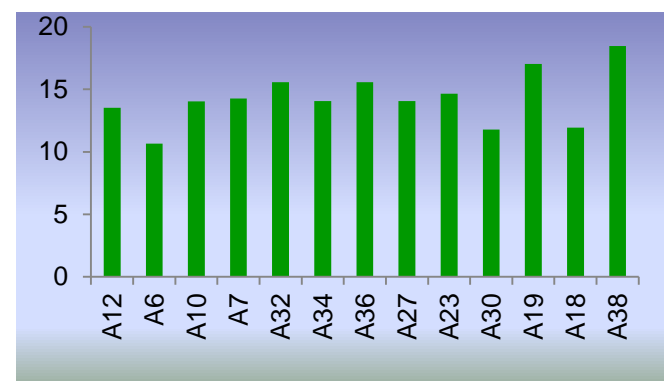
**Longueur et largeur d'un cône (mm)**



Long Moy (mm): 55 (48 – 65)

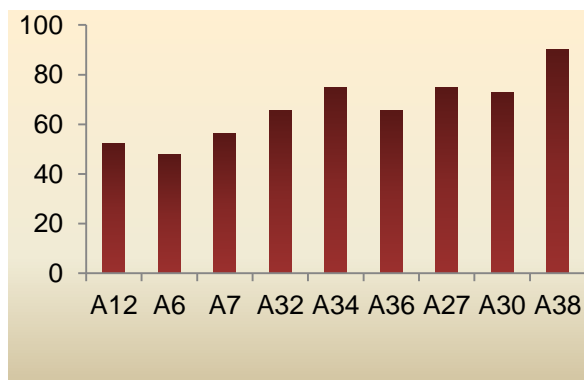
Larg Moy (mm): 26 (22 – 33)

**Poids d'un cône (mm)**



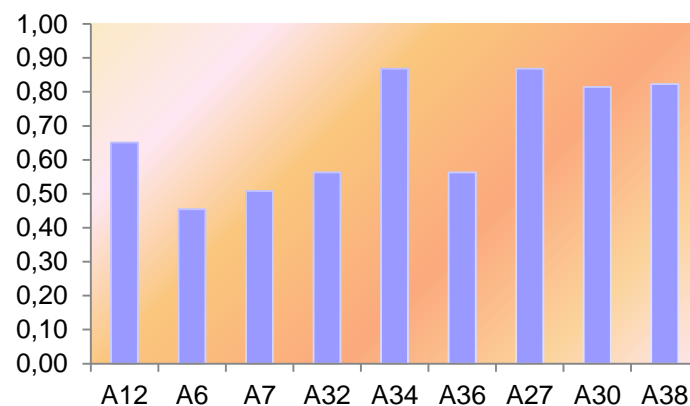
Poids moy d'un cône (g): 14 (11 – 18)

**Nombre de graines par cône**



Nombre de graines par cône: 67 (48 – 90)

**Poids d'une graine (g)**



Poids moy d'une graine (g): 0,68 (0,45–0,85)



**Tous les paramètres sont très variables et différent significativement avec les arbres ( $p < 0.05$ ).**

## Limites de la production et contraintes d'exploitation : Quelles solutions apporter ?

Bien que les graines de pin d'Alep soient considérées comme un PFNL de 1<sup>ère</sup> importance pour le secteur forestier, on s'est toujours contenté d'exploiter la forêt de pin d'une manière primaire où l'on continue d'appliquer une sylviculture classique, fondamentalement orientée vers la production du bois, une sylviculture qui s'avère non appropriée pour une production optimale des graines pour les besoins de consommation.

Devant la demande de plus en plus croissante en graines, il devient impératif:

- de 'repenser' la sylviculture des peuplements existants (naturels ou artificiels) en optant pour une **sylviculture plus adéquate** ;
- de recourir carrément à des **plantations 'spécialisées'** pour la production de graines. Ces plantations devraient être conduites en intensif, selon des règles culturales appropriées, à l'instar des plantations fruitières.



## Interventions possibles pour la productivité et la production des graines

Dans l'objectif d'améliorer la productivité et la production en termes de quantité et de qualité, nous proposons les actions suivantes selon qu'il s'agisse d'une intervention sylvicole dans les peuplements existants ou de la création de nouvelles plantations:

### ➤ **Au niveau des peuplements existants :**

- **dans les forêts naturelles** : l'intervention se limite aux jeunes peuplements issus d'incendies en opérant une éclaircie sévère afin de ramener la densité à 500 pieds à l'ha. L'éclaircie peut être réalisée en une seule fois ou en 2 fois espacés de 3-4 ans.
- **dans les forêts reboisées**: on procèdera de la même manière. Pour une meilleure efficacité, il faut intervenir à un jeune âge ne dépassant pas les 10 ans.



➤ **Pour la création de nouvelles plantations**, qu'elles soient dans le domaine forestier ou dans le domaine agricole, il est recommandé :

- d'opter dès le départ pour une densité faible : 400 à 500 pieds à l'ha correspondant à un espacement de 5\*5m ou 5\*4 m (entre lignes et entre les plants) ;
- d'intervenir par étêtage ou taille au niveau des jeunes arbres atteignant 1 m de hauteur ;
- d'apporter une fertilisation au moment de la plantation et au cours des 2 ou 3 premières années ;
- dans le domaine agricole et en cas de disponibilité de l'eau, il est avantageux d'irriguer régulièrement (une fois tous les 15 jours pendant la saison sèche (fin printemps jusqu'au début automne) et une fois tous les 3 semaines pour le reste de l'année en absence des pluies).

## Quelles sont les Interventions possibles pour l'amélioration du potentiel fructifère ?

La promotion du potentiel fructifères au niveau des nouvelles plantations suppose un bon choix du matériel génétique et des techniques culturales.

### ➤ **Au niveau génétique :**

Opter pour un choix des provenances les plus productives.

Plusieurs travaux confirment l'existence d'une forte variabilité intraspécifique et une bonne héritabilité de la production en graines ce qui permet d'avoir un gain génétique appréciable par la sélection des meilleures provenances (Nasri, 2004 ; Ayari et Khouja, 2016 ; Khouja, 2017).

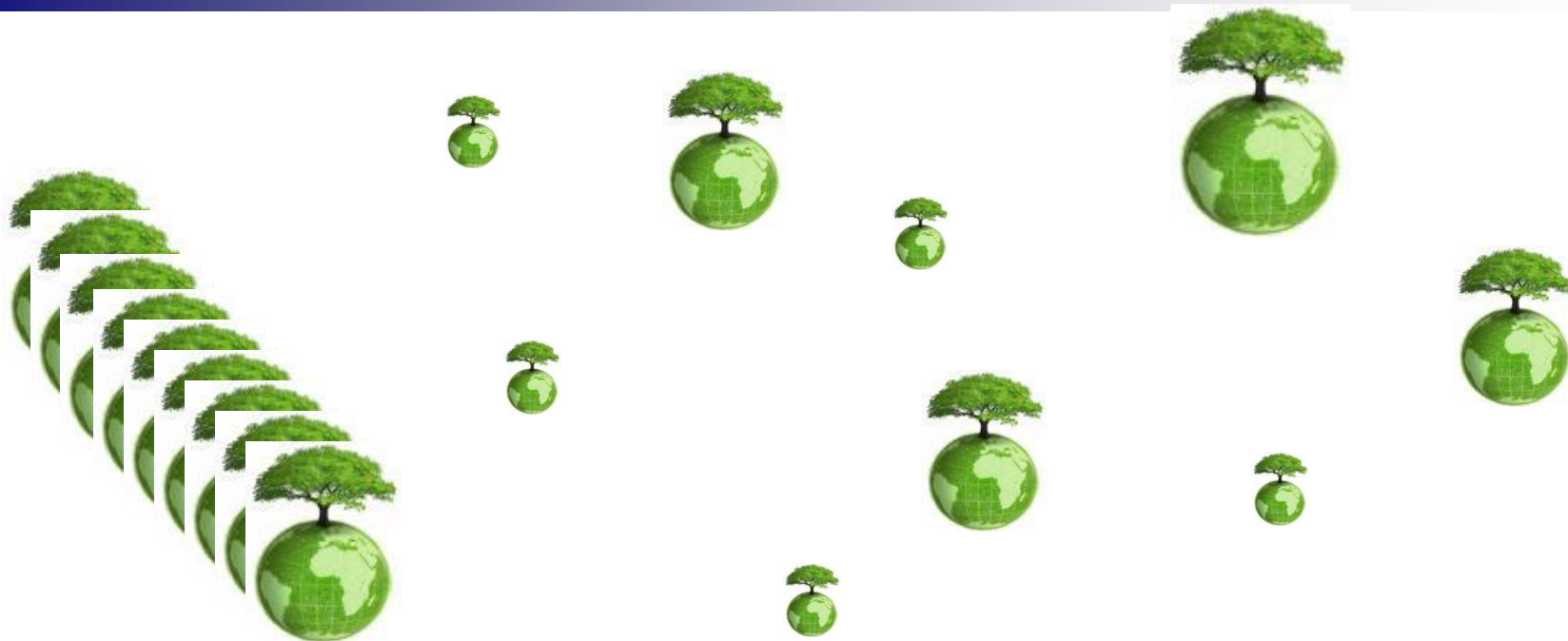
### ➤ **Au niveau de la conduite culturale**, il est avantageux:

- d'utiliser des plants de bonne qualité morphologique et physiologique (des plants vigoureux, ayant une masse racinaire bien développée et bien équilibrée avec la partie végétative).

- d'écourter la phase juvénile pour une fructification plus précoce. Il a été remarqué que la maturité sexuelle est liée à la croissance de l'arbre : plus le jeune arbre est vigoureux plus l'aptitude à la fructification est précoce (Khouja, 1997). L'irrigation régulière et la fertilisation peuvent donner aussi «un coup de fouet» au jeunes plants.

- d'opter pour des pratiques culturales appropriées: bon travail du sol, irrigation, fertilisation, taille des jeunes arbres (initiation de nouvelles ramifications et réduction de la taille des arbres permettant plus de facilité de récolte).





*Merci de votre attention*

