

Baccalauréat International

Une étude sur l'effet de l'eau de fumée sur la germination et la croissance d'Eucalyptus pilularis

Contexte

L'Australie est un pays où les feux de brousse sont chose courante durant la saison estivale, et ces feux affectent une grande partie de la flore d'Australie. En tant que sous-produit de cela, de nombreuses plantes natives australiennes qui habitent les écosystèmes dépendant des feux ont développé des stratégies reproductrices pour s'adapter aux facteurs associés au feu. Ces adaptations qui affectent leur germination peuvent être classées comme soit physiques (dérivées de l'immense chaleur du feu de brousse stimulant une graine à germer), soit chimiques (dérivées d'une association de divers éléments chimiques produits par la fumée qui stimule la germination).

Objectif

L'objectif de cette expérience en laboratoire de biologie est d'explorer les effets de l'eau de fumée, un mélange d'eau, de paille et de plantes brûlées, et son effet sur la germination et la croissance post germinatoire de graines d'*Eucalyptus pilularis* aussi appelée « gumnut » ou « blackbutt » (gommier), une plante native australienne qui prédomine dans les forêts fréquemment brûlées.

Question de recherche

L'eau de fumée stimule-t-elle la germination et la croissance post germinatoire des graines d'*Eucalyptus pilularis*, comparé à l'eau désionisée ?

Prédiction

L'eau de fumée fera germer avec succès plus de graines d'*Eucalyptus pilularis* que l'eau désionisée, et donc, en tant que résultat de cela, la croissance post germinatoire des graines d'*Eucalyptus pilularis* par l'eau de fumée sera plus efficace. L'efficacité, pour cette expérience, est définie comme la hauteur du plant qui émerge des graines de gommier germées. Si les divers produits chimiques, tels que les composés phosphorés et azotés trouvés dans les restes fumants de matière organique agissent comme des facteurs déclencheurs chimiques, alors *Eucalyptus pilularis*, commencera sa germination hors de son état dormant. Ces composés phosphorés et azotés, tels que NaNO_3 , KNO_3 , NH_4Cl et NH_4NO_3 , qui se retrouvent naturellement dans la matière organique, ne sont pas trouvés dans l'eau désionisée (Dixon *et al.* 1995), et donc, il est prédit que l'eau de fumée germera un plus grand nombre de graines et en fera pousser plus après la germination que l'eau désionisée¹.

Méthode

Expérience préliminaire

Les graines de gommier ont été obtenues d'arbres poussant dans les plantations forestières locales. On a cru qu'il était nécessaire de savoir si les graines de gommier pourraient germer ou non.

1. 50 graines ont été plantées dans 5 boîtes de Petri de mélange de terreau (10 graines par boîte).
2. Chaque boîte a été arrosée avec 10 ml d'eau désionisée et laissée pendant deux semaines à température ambiante.
3. À la fin des deux semaines, les nombres de graines qui germent a été compté.

Résultats

Nombre de graines qui germent = 22/50

Pourcentage de germination = 44 %

La fourniture de graines a été considérée suffisamment viable pour continuer l'expérience.

¹ <http://anpsa.org.au/APOL2/jun96-6.html>

Équipement

- 10 boîtes de Petri
- 100 g de mélange de terreau « Yates premium quality »
- 5,00 g de paille
- 5,00 g de feuilles d'Eucalyptus
- 5,00 g d'herbe
- Balance électronique ($\pm 0,01$ g)
- 100 graines d'*E. pilularis* qui sont de 2,00 mm de diamètre ($\pm 0,5$ mm)
- Règle de 10,0 cm ($\pm 0,5$ mm)
- 100 ml d'eau désionisée pour créer l'eau de fumée
- 100 ml d'eau désionisée pour créer le témoin
- Passoire à thé
- 3 x béciers gradués de 250 ml ($\pm 0,4$ ml)
- Allumettes
- 2 bains de sable
- 2 thermomètres ($\pm 0,05$ °C)

Pour créer l'eau de fumée

1. Placez 5 g de paille, d'herbe et de feuilles d'Eucalyptus dans un des béciers de 250 ml.
2. Allumez la matière organique avec une allumette afin qu'elles puissent s'enflammer. Laissez-les brûler jusqu'à ce qu'elles soient toutes carbonisées.
3. Mesurez 100 ml d'eau désionisée avec le second béciers de 250 ml. Versez cette eau dans le premier bécier avec les feuilles, la paille et les branchettes et laissez infuser pendant 5 heures.
4. Égouttez le mélange d'eau de fumée dans le troisième bécier de mesure en utilisant la passoire à thé, en vous assurant qu'il ne vous reste que les restes de liquide.

SÉCURITÉ Faites attention quand vous brûlez la matière organique, cela doit être effectué dans une zone ventilée et les béciers doivent être fabriqués en verre résistant à la chaleur.

Germination et croissance

1. Réglez les bains de sable à 30 degrés Celsius et placez un thermomètre dans chacun pour vérifier le réglage de la température.
2. Placez 5 boîtes de Petri dans un bain de sable et les 5 boîtes de Petri restantes dans un autre. Un sera notre témoin et un sera notre test.
3. Mesurez 10 x 10,0 g du mélange de terreau en utilisant la balance électronique et placez 10,0 g dans chacune des 10 boîtes de Petri. 5 boîtes pour l'eau de fumée et 5 boîtes pour le traitement par eau désionisée.
4. Semez 10 gommiers dans chaque boîte de Petri et submergez-les dans le mélange de terreau à une profondeur constante de 0,5 cm. Placez les graines vers les bords de la boîte de Petri pour qu'elles puissent être observées au travers du verre sans avoir à perturber les graines pour les observer.
5. Arrosez le bain de sable témoin à 8h15 avec 10 ml d'eau désionisée ou de fumée chaque jour pendant quatorze jours.
6. Après 14 jours, comptez le nombre de graines germées (qui se distinguent par l'émergence du plant) et mesurez la hauteur du plant émergeant dans les groupes test et témoin avec la règle de 10,0 cm. La hauteur du plant est mesurée de la surface du sol à la partie la plus haute de la tige.
7. Répétez la procédure une fois pour assurer des données suffisantes.

Variables contrôlées

- Le même volume de liquide (10 ml) est ajouté à chaque boîte à la même heure (8h15) chaque jour pendant les 14 jours.
- Toutes les 100 graines d'*E. pilularis* qui ont été utilisées dans cette expérience ont été gardées dans une gamme de diamètre de 2,00 mm.
- L'eau utilisée pour créer l'eau de fumée était de l'eau désionisée comme le témoin, qui a permis la cohérence entre les groupes témoin et test.
- La température des graines a été gardée constante à 30,0 °C par les bains de sable.

- Le mélange de terreau pour les graines était de la même marque, « Yates premium potting mix » et la masse de mélange de terreau utilisée pour les graines était gardée constante à 10,0 g.
- La même quantité de lumière a été présumée être reçue pour chaque plante car l'expérience a été réalisée dans le même lieu et les mêmes jours.
- Les graines ont été placées à une profondeur de 0,5 cm dans le sol dans la boîte de Petri.

L'expérience s'est poursuivie pendant quatorze jours pour permettre assez de temps pour jauger l'effet des types différents d'eau, la variable manipulée. Les deux bacs de sable réglés à la même température sont placés côte à côte, comme spécifié par la méthode, et ils sont supposés recevoir des quantités égales de lumière. Le mélange de terreau a été pris dans le même lot, donc tous les échantillons pourraient être présumés contenir le même rapport d'ingrédients. De plus, l'*E. pilularis* a été submergé dans le mélange de terreau à une profondeur constante de 0,5 cm et vers les bords de la boîte de Petri pour permettre de faire les observations au travers du verre sans avoir à perturber les graines pour les observer.

Notre méthode de collecte de données pour cette expérience est de compter les graines qui ont germé avec succès dans les boîtes de Petri différentes dans les groupes témoin et test respectivement, la variable mesurée. Cela est fait en observant au travers du côté de la boîte de Petri si le tégument est cassé et si le semis a émergé. L'autre moyen de recueillir des données dans cette expérience est de mesurer la hauteur des semis (de la surface du sol au haut du semis) des graines germées après les 14 jours de l'expérience. La différence entre l'eau de fumée et l'eau désionisée a été déterminée en utilisant le test χ^2 pour la germination et le test t pour la croissance des semis.

Suppositions

- La lumière est de la même intensité parce que les graines seront installées côte à côte.
- L'eau désionisée contient les mêmes impuretés.
- Le mélange de terreau contient la même quantité de ses composants constituants.
- Les impuretés et les éléments chimiques dans l'air seront les mêmes pour les deux ensembles de graines.
- Les graines de gommier sont toutes composées du même pourcentage d'éléments.

Observations

- Les graines d'*E. pilularis* n'étaient pas plus grosses que 2 mm, et étaient de couleur noir brun. Il n'y avait pas de signes flagrants de germination antérieure, ou de craquelure du tégument externe.
- L'eau de fumée était clairement distincte de l'eau désionisée. L'eau désionisée était limpide, comme on pourrait s'y attendre si elle avait été filtrée. L'eau de fumée, toutefois, avait une teinte de couleur paille noirâtre, à cause de son absorption des restes de la matière organique brûlée.
- Une germination claire était visible sur beaucoup plus de graines avec l'eau de fumée qu'avec l'eau désionisée.
- L'*E. pilularis* soumis à l'eau de fumée a germé plus tôt en moyenne que les graines soumises à l'eau désionisée. Les graines avec l'eau de fumée ont commencé à montrer les premiers signes de germination dès 7 jours, quand leurs téguments ont commencé à se fendre pour permettre aux semis d'émerger. En comparaison, les graines arrosées d'eau désionisée ont pris jusqu'à 10 jours pour commencer à montrer la germination.
- Les *E. pilularis* qui ont été germées par l'eau de fumée ont eu tendance à avoir de plus gros semis émergeant du tégument fendu.
- Les *E. pilularis* qui ont été arrosées avec l'eau de fumée avaient des craquelures significativement plus grandes du tégument, permettant plus d'espace pour que les semis poussent et se développent hors de l'enveloppe vers l'extérieur.
- La couleur des semis dans les deux expériences était une couleur mauve foncé distincte, et les feuilles sont apparues seulement dans l'expérience avec l'eau de fumée, avec un maximum de 2 petites feuilles juvéniles trouvées, ne mesurant pas plus de 50,0 mm environ.

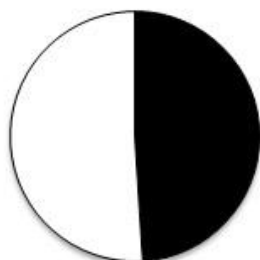
Nombre de graines germées avec succès

Afin de déterminer le nombre de graines qui ont été germées avec succès, le nombre de graines qui ont montré une craquelure distincte du tégument et l'émergence du semis pour les deux groupes tests avec eau de fumée et eau désionisée ont été comptés et placés dans le tableau ci-dessous. Les données brutes sont présentées dans l'annexe A.

Type d'eau	Essai	Nombres germées (/50)	Moyenne	%
Désionisée	1	26	25	49
	2	23		
De fumée	1	43	44	88
	2	45		

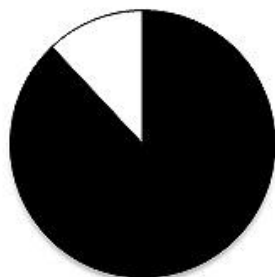
À partir des données traitées qui nous informent au sujet du nombre de graines germées avec succès, nous pouvons clairement voir que l'eau de fumée germe, en moyenne.

Graphique de la germination de graines dans l'eau désionisée



- Pourcentage de graines de gommier germées dans l'eau désionisée
- Pourcentage de graines de gommier NON germées dans l'eau désionisée

Graphique de la germination de graines dans l'eau de fumée



- Pourcentage de graines de gommier germées dans l'eau de fumée
- Pourcentage de graines de gommier NON germées dans l'eau de fumée

Test χ^2

Afin de voir s'il y a une différence significative entre la germination des graines traitées avec l'eau de fumée et l'eau désionisée un test χ^2 a été effectué.

Hypothèse nulle : l'eau de fumée n'affecte pas la germination des graines de gommier

Hypothèse alternative : l'eau de fumée affecte la germination des graines de gommier

	Eau de fumée	Eau désionisée	Total par ligne
Germées	88	49	137
Non germées	12	51	63
Total par colonne	100	100	200

Pourcentage de graine germant = $137/200 = 68,5 \%$

Pourcentage de graines ne germant pas = $100 - 68,5 = 31,5 \%$

Nombre attendu de graines traitées avec l'eau de fumée qui germeront = $68,5 \%$ de $100 = 68,5$

Nombre attendu de graines traitées avec l'eau désionisée qui germeront = $68,5 \%$ de $100 = 68,5$

Nombre attendu de graines traitées avec l'eau de fumée qui ne germeront pas = $31,5 \%$ de $100 = 31,5$

Nombre attendu de graines traitées avec l'eau désionisée qui ne germeront pas = $31,5 \%$ de $100 = 31,5$

Fréquence observée	Fréquence attendue	Différence	Différence positive	
O	E	O-E	IO-EI	$(IO-EI)^2/E$
88	68,5	19,5	19,5	5,55
49	68,5	-19,5	19,5	5,55
12	31,5	-19,5	19,5	12,07
51	31,5	19,5	19,5	12,07
			χ^2_{calc}	35,25

Nombre de degrés de liberté = $(\text{lignes} - 1) \times (\text{colonnes} - 1) = (2-1) \times (2-1) = 1$

$\chi^2_{\text{crit}} = 3,84$ pour $p=0,05$

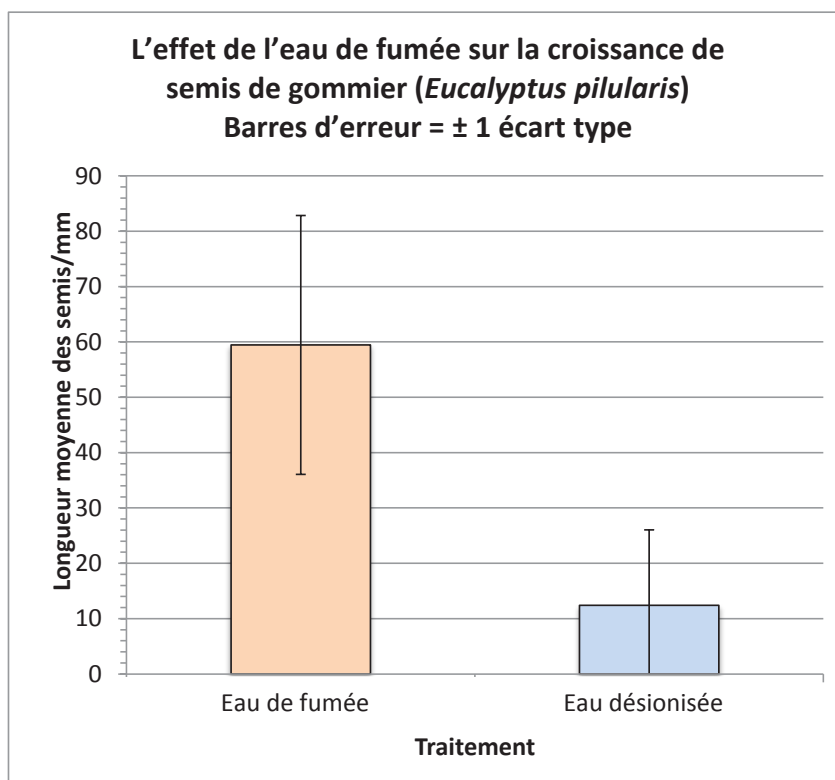
Puisque la valeur du test pour $\chi^2_{\text{calc}} = 35,25$ est bien plus grande que la valeur critique $\chi^2_{\text{crit}} = 3,84$, nous devons rejeter l'hypothèse nulle et accepter l'hypothèse alternative. La valeur test est significative pour $p < 0,001$

L'effet de l'eau de fumée et de l'eau désionisée sur la croissance post germinatoire

Cette section de l'expérience est conçue pour tester l'efficacité de la germination des graines de gommier, en fonction du type d'eau qu'il a reçu, de l'eau désionisée ou de l'eau de fumée. L'efficacité a été déterminée en fonction de la hauteur du semis qui a émergé du tégument des graines de gommier germées. Plus le semis est grand, plus l'eau est efficace sur la germination. Les données brutes sont présentées dans l'annexe A.

Hauteur des semis pour les graines germées					
Type d'eau	Essai	Moyenne de la hauteur des semis dans l'essai / mm \pm 0,5 mm	Écart type pour l'essai	Hauteur moyenne globale /mm \pm 0,5 mm	Écart type global
Désionisée	1	13,0	13,4	23,4	13,6
	2	11,8	13,9		
De fumée	1	57,8	24,5	59,5	12,4
	2	61,1	22,3		

À première vue sur les données traitées, on peut constater que l'eau de fumée a une hauteur de semis moyenne plus grande que l'eau désionisée tout en ayant aussi un écart type plus bas. Cela indiquait que les semis de graines avec l'eau de fumée ont poussé plus haut que l'eau désionisée. Les barres d'erreur sur le graphique ci-dessous suggèrent qu'il pourrait y avoir une différence significative entre les effets du traitement sur la croissance des semis. Cependant, la gamme de variation dans les résultats comme le montrent les écarts types est large, en particulier pour les essais avec traitement par eau désionisée. Pour vérifier cela, un test de t a été effectué sur les données.



Test de t

Afin de tester statistiquement si la pousse de semis de gommier germée avec l'eau de fumée a poussé plus que l'eau désionisée, un test de t bilatéral pour des échantillons indépendants a été effectué pour examiner s'il y a une différence significative entre la croissance des semis.

- **Hypothèse nulle** – l'eau de fumée n'a pas d'effet sur la croissance post germinatoire des semis de gommier.
- **Hypothèse alternative** – l'eau de fumée a un effet sur la croissance post germinatoire des semis de gommier.

Formule du test de t :

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Degrés de liberté = $n_1 + n_2 - 1 = 198$

$t_{\text{calc}} = 17,4$

$t_{\text{crit}} (p=0,05) = 1,97$

Parce que notre valeur du test de t $t_{\text{calc}} = 17,4$ est supérieure à la valeur critique $t_{\text{crit}} = 1,97$ à $p = 0,05$, nous pouvons accepter l'hypothèse alternative, que l'eau de fumée stimule significativement la croissance des semis de gommier germés. La valeur du test est significative pour $p < 0,001$

Évaluation des faiblesses avec les améliorations suggérées

Le mélange de terreau a été obtenu du même magasin de jardinage local, et bien que la même marque et la même quantité de mélange de terreau aient été utilisées pour les deux graines dans l'expérience, le mélange de culture aurait pu contenir des impuretés qui auraient pu potentiellement améliorer ou réduire l'aptitude des graines à germer, en particulier parce que la marque Yates « contient des éléments traces pour ajouter des nutriments vitaux supplémentaires »². Certains des produits chimiques provenant de l'eau de fumée aussi pourraient avoir potentiellement réagi avec certains des ingrédients du mélange de terreau et les avoir rendus inutiles, cependant les graines arrosées avec l'eau désionisée n'ont peut-être pas eu ce problème éventuel. Pour améliorer cela, j'aurais pu utiliser un milieu différent pour les graines comme de la ouate ou du papier-filtre.

L'utilisation de divers types de feuilles, de branchettes et de paille pour créer l'eau de fumée vous donnerait des produits chimiques différents, car chacun a une composition différente de produits chimiques, les uns pouvant être bénéfiques pour la germination, et les autres pas. Pour cette expérience, j'aurais pu utiliser uniquement une variable comme la paille, au lieu de branchettes et de feuilles également. Cela limiterait aussi l'ampleur de mes résultats et je pourrais potentiellement repérer le produit chimique spécifique, ou la source du produit chimique, qui permet aux gommiers de germer avec succès. On pourrait découvrir que les branchettes, par exemple, n'améliorent pas la germination des graines mais que les feuilles le font. En isolant l'élément qui améliore le mieux la germination des graines, d'autres expériences pourraient être réalisées, et le produit chimique exact pourrait être identifié, qui améliore le mieux la germination des graines.

Associé à cela, j'aurais pu utiliser des graines de gommier qui avaient toutes le même poids au lieu de la même grosseur en diamètre. J'ai essayé d'utiliser des graines de gommier qui n'avaient que 2,00 mm de diamètre, cependant il aurait été préférable d'utiliser des graines qui avaient toutes un poids constant de 0,2 g par exemple, car alors, j'aurais pu présumer que chaque graine contenait les mêmes quantités et composition de nutriments, de enzymes et d'autres produits chimiques à l'intérieur.

Pour limiter encore l'étendue de mon expérience, j'aurais pu tester les effets de concentrations différentes de l'eau de fumée également. Au lieu de n'utiliser qu'un rapport de 1:10 fait d'une partie de branchettes, de paille et de feuilles et de 10 parties d'eau désionisée, j'aurais pu tester un rapport de 1:5 avec une partie de branchettes,

²<http://www.yates.com.au/products/pots-and-potting-mix/all-purpose-potting-mix/yates-premium-potting-mix/>

de paille et de feuilles et 5 parties d'eau désionisée. Déterminer la concentration optimale de l'eau de fumée aiderait cette expérience car des résultats meilleurs et plus clairs pourraient être obtenus.

Conclusion

En conclusion, l'expérience a appuyé mon hypothèse que l'eau de fumée germera avec succès plus d'*Eucalyptus pilularis* que l'eau désionisée. De plus, la croissance ultérieure des graines d'*Eucalyptus pilularis* par l'eau de fumée a été trouvée plus efficace que l'eau désionisée en raison des semis significativement plus grands d'*Eucalyptus pilularis* qui ont été exposés à l'eau de fumée. Cela pourrait parce que les divers produits chimiques, tels que les composés phosphorés et azotés trouvés dans les restes fumants de la matière organique brûlée (dans mon cas, la paille, les branchettes et les feuilles brûlées) ont agi comme des déclencheurs chimiques pour que l'*E. pilularis* commence sa germination hors de son état de dormance et stimule sa croissance ultérieure. Alors que tous les composés actifs dans la fumée n'ont pas encore été identifiés, une grande majorité des composés présents dans le mélange de l'eau de fumée (NaNO_3 , KNO_3 , NH_4Cl et NH_4NO_3) sont solubles dans l'eau, et ils peuvent facilement être absorbés par la graine de gommier et, une fois dans la graine, ils sont utilisés comme les dits « déclencheurs chimiques » pour commencer la germination. Ces déclencheurs chimiques travaillent en altérant les taux de produits chimiques que la graine maintient en état d'homéostasie, dès que la graine a enregistré ces divers taux de composés phosphorés et azotés, elle stimule la germination de la graine. Il y a cependant des composés appelés *buténolides* qui ont une action de promotion de germination confirmée. Ces *buténolides* sont produits par certaines plantes lors de l'exposition à de fortes températures et à de la fumée causée par les feux de brousse. En particulier, les botanistes Flematti, Ghisalberty, Dixon et Trengove ont isolé un *buténolide* particulier appelé 3-méthyl-2H-furo[2,3-c]pyran-2-un, qui s'est avéré déclencher la germination des graines dans des plantes dont la reproduction dépend du feu, telles que *E. pilularis* utilisée dans mon expérience³. Une théorie concernant la manière dont ce *buténolide* appelé 3-méthyl-2H-furo[2,3-c]pyran-2-un est formé par la plante nous est donnée par Light, Berger et van Steden, qui ont supposé que ce *buténolide* particulier a été créé à partir de cellulose au sein de la plante, et cette substance, créée par la cellulose, a stimulé le cycle reproductif des graines et, par conséquent, la germination⁴. Les deux graphiques à secteurs qui montrent le pourcentage de graines germées pour l'expérience avec l'eau de fumée et l'expérience pour l'eau désionisée respectivement, indiquent de plus que mon hypothèse était correcte, avec 88 % des graines arrosées de fumée qui ont germé avec succès comparé à seulement 47 % des graines d'eau désionisée qui ont germé. Cela a été appuyé avec mon test de χ^2 qui a conclu avec exactitude que nous pouvions rejeter l'hypothèse nulle, avec un degré de confiance de 95 %, que l'eau de fumée a germé avec succès plus de graines que l'eau désionisée. Le test de t sur la croissance des semis montre que l'eau de fumée a un effet positif significatif sur les semis de gommier.

Bibliographie

Yates Gardening Ltd Sydney Australia <http://www.yates.com.au/products/pots-and-potting-mix/all-purpose-potting-mix/yates-premium-potting-mix/> Visité la dernière fois le 10 juillet 2011

Gavin R. Flematti, Emilio L. Ghisalberty, Kingsley W. Dixon and Robert D. Trengove A Compound from Smoke That Promotes Seed Germination <http://www.sciencemag.org/content/305/5686/977> Science 13 août 2004 : Vol. 305 n° 5686 p. 977 Publié en ligne le 8 juillet 2004

Marnie E. Light, Barend V. Burger and Johannes van Staden Formation of a Seed Germination Promoter from Carbohydrates and Amino Acids <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf050710u> J. Agric. Food Chem., 2005, 53 (15), pp 5936–5942 Date de publication (Web) : 1^{er} juillet 2005

³ <http://www.sciencemag.org/content/305/5686/977>

⁴ <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf050710u>

Annexe A – tableaux de données brutes

Graines arrosées avec de l'eau de fumée (Essai 1)

Numéro de graine	La graine a-t-elle germé	Hauteur du semis en / mm \pm 0,5 mm
1	Oui	56,0
2	Oui	71,0
3	Oui	73,0
4	Oui	67,0
5	Oui	54,0
6	Non	0
7	Oui	58,0
8	Oui	70,0
9	Oui	66,0
10	Oui	61,0
11	Oui	64,0
12	Oui	71,0
13	Non	0
14	Non	0
15	Oui	59,0
16	Oui	67,0
17	Oui	58,0
18	Oui	63,0
19	Oui	62,0
20	Oui	64,0
21	Oui	72,0
22	Oui	75,0
23	Non	0,0
24	Oui	68,0
25	Oui	64,0
26	Oui	69,0
27	Oui	70,0
28	Non	0
29	Oui	52,0
30	Non	0
31	Oui	79,0
32	Oui	81,0
33	Oui	83,0
34	Oui	74,0
35	Oui	74,0
36	Oui	78,0
37	Oui	63,0
38	Oui	69,0
39	Oui	58,0
40	Oui	70,0
41	Oui	68,0
42	Oui	62,0
43	Oui	63,0
44	Oui	68,0
45	Oui	58,0
46	Oui	81,0
47	Oui	68,0
48	Oui	73,0
49	Oui	67,0
50	Non	0

Graines arrosées avec de l'eau désionisée (Essai 1)

Numéro de graine	La graine a-t-elle germé	Hauteur des semis en mm / \pm 0,5 mm
1	Oui	18
2	Oui	27,0
3	Oui	19,0
4	Non	0
5	Non	0
6	Non	0
7	Oui	24,0
8	Non	0
9	Oui	25,0
10	Non	0
11	Oui	28,0
12	Non	0
13	Non	0
14	Oui	17,0
15	Oui	23,0
16	Non	0
17	Oui	16,0
18	Non	0
19	Oui	26,0
20	Oui	27,0
21	Oui	15,0
22	Non	0
23	Non	0
24	Oui	27,0
25	Non	0
26	Oui	21,0
27	Oui	22,0
28	Non	0
29	Oui	27,0
30	Oui	37,0
31	Non	0
32	Non	0
33	Oui	26,0
34	Oui	31,0
35	Non	0
36	Non	0
37	Oui	27,0
38	Oui	41,0
39	Non	0
40	Non	0
41	Non	0
42	Oui	25,0
43	Non	0
44	Oui	19,0
45	Non	0
46	Non	0
47	Oui	37,0
48	Oui	22,0
49	Non	0
50	Oui	25,0

Graines arrosées avec de l'eau de fumée (Essai 2)

Numéro de graine	La graine a-t-elle germé	Hauteur des semis en mm / $\pm 0,5$ mm
1	Oui	72,0
2	Oui	73,0
3	Non	0
4	Oui	72,0
5	Oui	57,0
6	Oui	74,0
7	Oui	79,0
8	Oui	62,0
9	Oui	78,0
10	Oui	64,0
11	Oui	72,0
12	Oui	79,0
13	Oui	72,0
14	Oui	57,0
15	Oui	56,0
16	Oui	83,0
17	Oui	63,0
18	Non	0
19	Oui	72,0
20	Oui	63,0
21	Non	0
22	Oui	58,0
23	Oui	81,0
24	Oui	57,0
25	Oui	62,0
26	Non	0
27	Oui	74,0
28	Oui	73,0
29	Oui	83,0
30	Oui	58,0
31	Oui	74,0
32	Oui	57,0
33	Oui	63,0
34	Oui	79,0
35	Oui	60,0
36	Oui	74,0
37	Oui	79,0
38	Oui	57,0
39	Oui	86,0
40	Oui	53,0
41	Oui	56,0
42	Oui	67,0
43	Oui	63,0
44	Oui	68,0
45	Oui	54,0
46	Oui	68,0
47	Oui	68,0
48	Non	0
49	Oui	62,0
50	Oui	72,0

Graines arrosées avec de l'eau désionisée (Essai 2)

Numéro de graine	La graine a-t-elle germé	Hauteur des semis en mm / $\pm 0,5$ mm
1	Non	0
2	Oui	26,0
3	Oui	21,0
4	Oui	23,0
5	Non	0
6	Non	0
7	Non	0
8	Non	0
9	Oui	31,0
10	Non	0
11	Oui	14,0
12	Non	0
13	Non	0
14	Oui	16,0
15	Oui	18,0
16	Non	0
17	Non	0
18	Non	0
19	Oui	26,0
20	Oui	31,0
21	Oui	25,0
22	Non	0
23	Non	0
24	Oui	21,0
25	Non	0
26	Oui	31,0
27	Oui	26,0
28	Non	0
29	Oui	23,0
30	Oui	36,0
31	Non	0
32	Non	0
33	Oui	14,0
34	Oui	23,0
35	Non	0
36	Non	0
37	Oui	23,0
38	Oui	27,0
39	Non	0
40	Non	0
41	Non	0
42	Oui	24,0
43	Non	0
44	Oui	45,0
45	Non	0
46	Non	0
47	Oui	42,0
48	Oui	23,0
49	Non	0
50	Non	0