

Détection de l'influence de la banque de graines sur la dynamique d'une métapopulation de plantes

Apolline Louvet

CMAP, Ecole Polytechnique

le 15 septembre 2020

Ecole d'été de la chaire MMB, Aussois

Travail en collaboration avec Nathalie Machon, Jean-Baptiste Mihoub et
Alexandre Robert (CESCO, Muséum National d'Histoire Naturelle)

Notion de métapopulation (MacArthur & Wilson, 1967)

Ensemble d'individus d'une même espèce vivant dans un ensemble de patches fréquemment affectés par des événements d'extinction, compensés par des événements de colonisation depuis les autres patches ou une source extérieure

Exemples :



Figure 1: Bosquets



Figure 2: Pieds d'arbre
d'alignement

Pourquoi s'intéresser aux banques de graines ?

banque de graines

=

graines dormantes présentes dans le sol et n'ayant pas perdu en viabilité

- possible non-disparition de l'espèce en cas d'événement d'extinction

→ rôle potentiellement important dans la dynamique des métapopulations de plante (Fenner, 2017)

Comment détecter une banque de graines ? (Baskin & Baskin, 2014)

- tri des graines dans un échantillon de sol
- échantillon de sol dans chambre de germination

⊖ : *Méthodes difficiles à appliquer à grande échelle*

⊖ : *Quelles graines auraient réellement germé dans des conditions réelles ?*

Plusieurs méthodes récentes pour détecter des banques de graines par des méthodes statistiques (Le Coz, Cheptou, & Peyrard, 2019; Blath, Buzzoni, Koskela, & Berenguer, 2020), **dont données de présence/absence (Pluntz et al., 2018)**

Méthode de détection des *effets* d'une banque de graines (Louvet, Machon, Mihoub, & Robert, subm.)

Variante de la méthode d'estimation des paramètres de banque de graines introduite dans (Pluntz et al., 2018)

→ estimation de la *contribution de la banque de graines à la dynamique de la métapopulation* plutôt que des paramètres de banque de graines

Plan de la présentation

- 1) Modèle sur lequel la méthode est basée
- 2) Apports de la méthode de détection des effets de la banque de graines
- 3) Application aux plantes dans des pieds d'arbre d'alignement



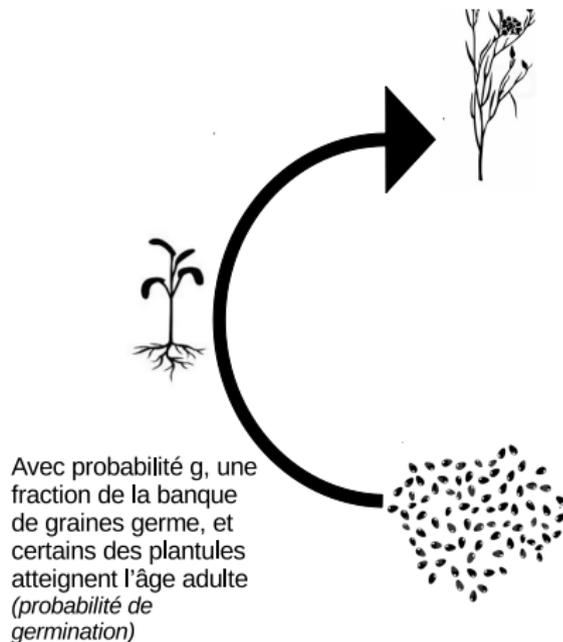
Présentation du modèle (Pluntz et al., 2018)

Basé sur le *Propagule Rain Model* (Gotelli, 1991)

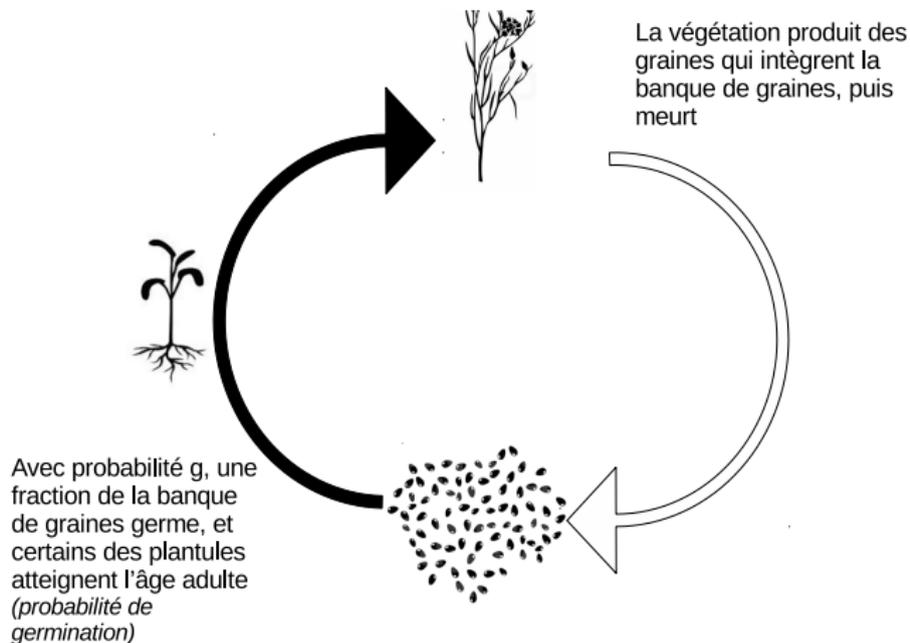
Caractéristiques

- modèle de présence/absence d'une espèce de plante dans des patchs
- temps discret (générations)
- événements affectant les patchs de façon indépendante
- colonisation entre patchs négligeable devant la colonisation venant de la *pluie de graine*
- espèce annuelle, ou tuée tous les ans

Introduction d'une banque de graines dans le PRM (Pluntz et al., 2018)



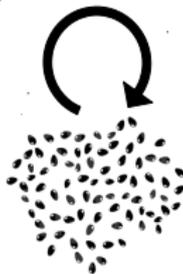
Introduction d'une banque de graines dans le PRM (Pluntz et al., 2018)



Introduction d'une banque de graines dans le PRM

(Pluntz et al., 2018)

Si aucune graine n'a germé, la banque de graines s'éteint avec probabilité d , et reste présente sinon (*probabilité de mort de la banque de graines*)

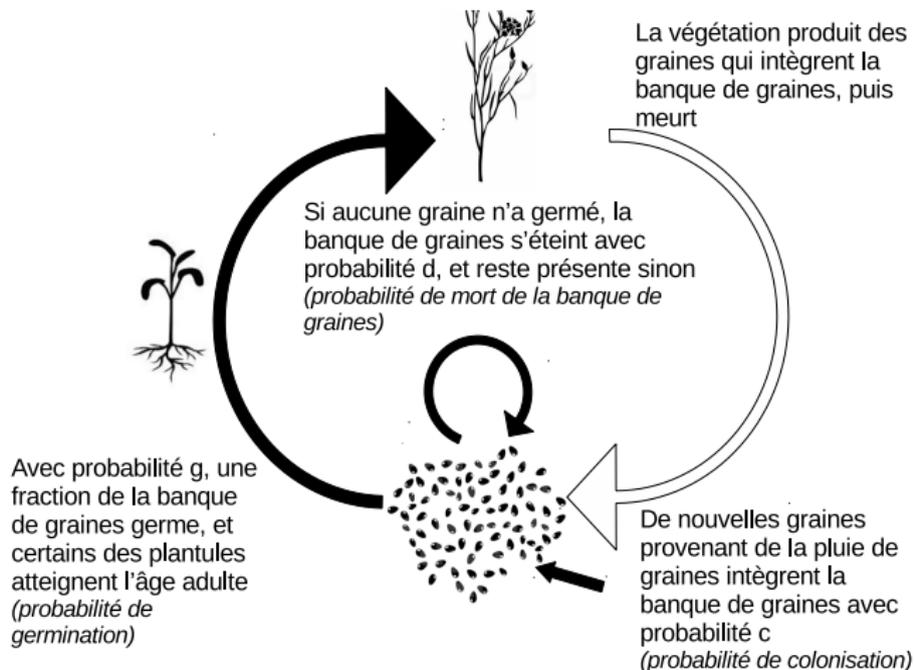


Introduction d'une banque de graines dans le PRM (Pluntz et al., 2018)



De nouvelles graines
provenant de la pluie de
graines intègrent la
banque de graines avec
probabilité c
(*probabilité de colonisation*)

Introduction d'une banque de graines dans le PRM (Pluntz et al., 2018)



Méthode d'estimation (Pluntz et al., 2018)

Idées :

- la présence de plantes renseigne sur la présence de graines juste avant la période de germination
- (présence de plantes, présence de graines) = chaîne de Markov

Il est donc possible d'utiliser les méthodes classiquement utilisées pour estimer les paramètres dans les modèles de type HMM (Hidden Markov Model).

Avec cet estimateur,

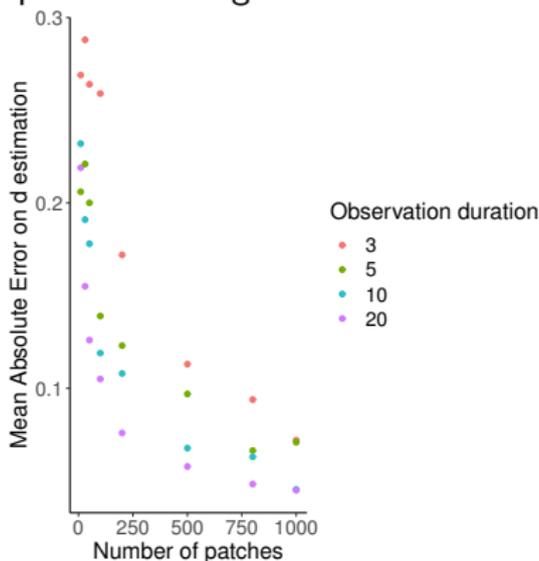
estimation de g > estimation de c > estimation de d

Sachant g , c et d , comment conclure à la présence/absence d'une banque de graines ? (en supposant $g \neq 1$)

- si $d = 1$: pas de banque de graines
- si $d < 1$: possibilité d'existence d'une banque de graines

Limite de la méthode

Pb : Beaucoup de patches/années d'observations consécutives nécessaires pour pouvoir distinguer entre les cas $d = 1$ et $d < 1$.



nécessité de suivre ≥ 1000
patches ou d'observer
pendant ≥ 20 ans

→ beaucoup de situa-
tions réelles exclues

Limite de la méthode

Pour certains jeux de paramètres, banque de graines **peu visible**, donc dynamique observée proche de celle d'un modèle sans banque de graines

→ introduction d'une nouvelle métrique mesurant la "visibilité" de la banque de graines dans les données de présence/absence

Présentation de la probabilité SBCE

probabilité SBCE (*Seed Bank Characteristic Event*)

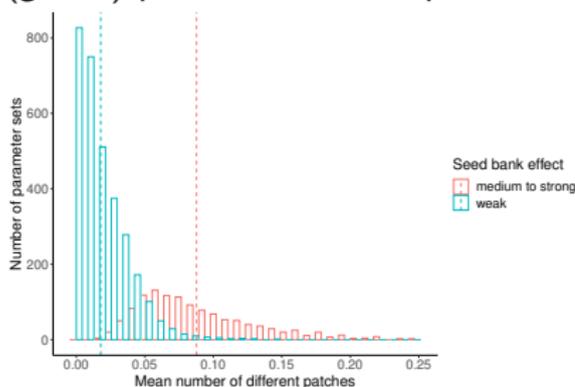
=

probabilité de germination différée, sans événement de colonisation se produisant avant la germination

$$\mathbb{P}_{SBCE} = g \times \frac{(1-g) \times (1-c) \times (1-d)}{1 - (1-g) \times (1-c) \times (1-d)}$$

Interprétation de la probabilité SBCE

$\mathbb{P}_{SBCE} \approx$ taux d'erreur fait en approximant un modèle de paramètres (g, c, d) par un modèle de paramètres $(g, c, 1)$



- Si $\mathbb{P}_{SBCE} < 0.05$: effet banque de graines *faible* (contribution non significative)
- Si $\mathbb{P}_{SBCE} \geq 0.05$: effet banque de graines *moyen ou fort* (contribution significative)

Pourquoi travailler avec \mathbb{P}_{SBCE}

1) Si pas assez de patches/d'années d'observation, \mathbb{P}_{SBCE} est mieux estimée que d

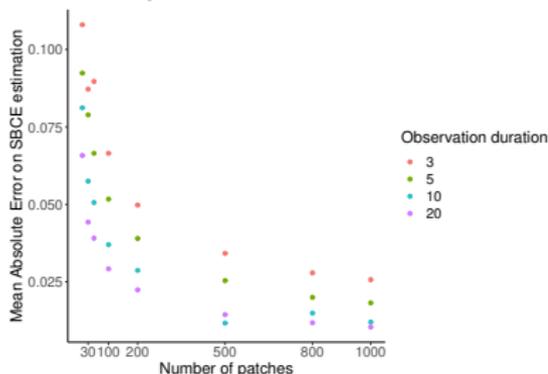


Figure 3: Erreur en valeur absolue sur l'estimation de \mathbb{P}_{SBCE} pour $d < 1$

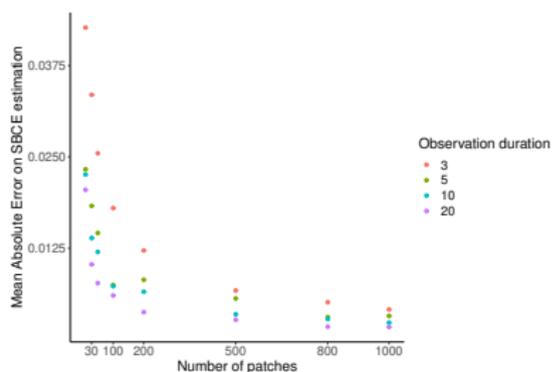


Figure 4: Erreur en valeur absolue sur l'estimation de \mathbb{P}_{SBCE} pour $d = 1$

Pourquoi travailler avec \mathbb{P}_{SBCE}

2) \mathbb{P}_{SBCE} est robuste à une présence modérée de faux positifs/négatifs
+ possibilité de compensation des effets en augmentant la durée d'observation ou le nombre de patches

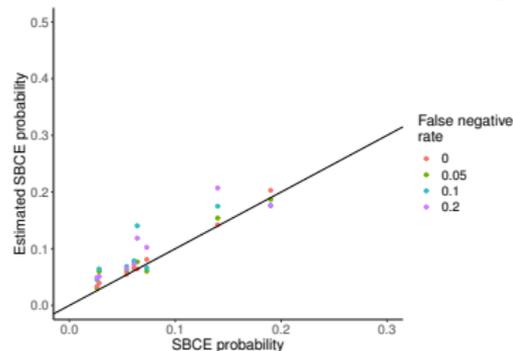


Figure 5: Faux négatifs, $N = 100$,
 $t = 10$

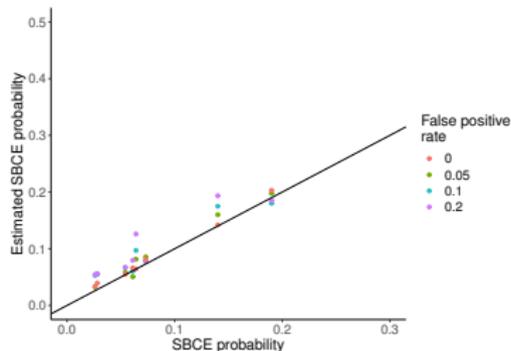


Figure 6: Faux positifs, $N = 100$,
 $t = 10$

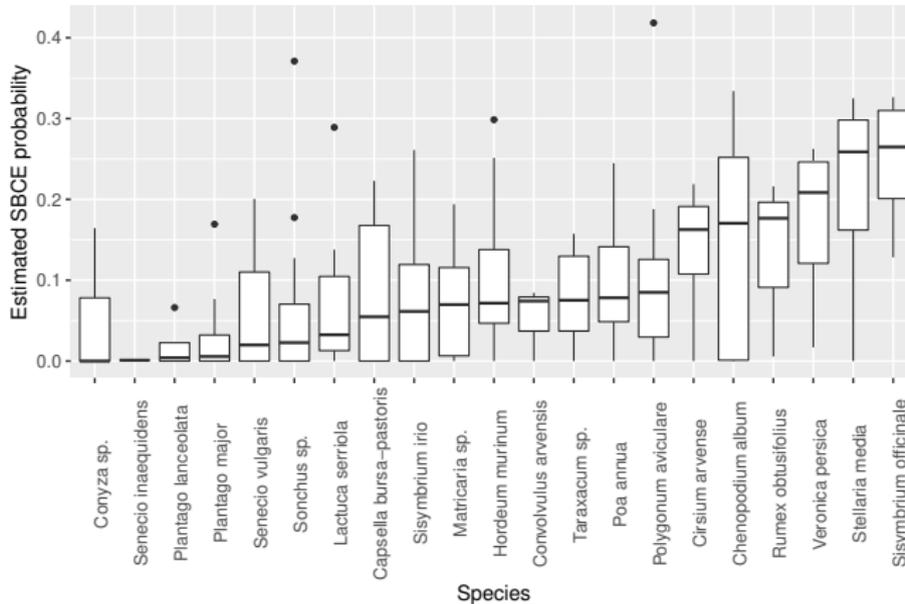
→ applicable à des jeux de données issus des sciences participatives
(Fuccillo, Crimmins, de Rivera, & Elder, 2015; Ratnieks et al., 2016)

Application - Plantes dans pieds d'arbres d'alignement

- 14 rues autour de Gare de Lyon (Paris)
 - inventaires floristiques réalisés annuellement de 2009 à 2018
 - 46 espèces analysées
- 1 paire (espèce, rue) = 1 métapopulation



Application - Plantes dans pieds d'arbres d'alignement



Application - Plantes dans pieds d'arbres d'alignement

Effet banque de graines faible		Effet banque de graines moyen ou fort	
Apera spica-venti	Chenopodium album	Amaranthus retroflexus	Capsella bursa-pastoris
Cirsium vulgare	Conyza	Cardamine hirsuta	Carduus pycnocephalus
Hordeum murinum	Lactuca serriola	Cerastium glomeratum	Chenopodium album
Matricaria	Plantago lanceolata	Cirsium arvense	Conyza
Plantago major	Poa annua	Elytrigia repens	Hordeum murinum
Polygonum persicaria	Senecio vulgaris	Lactuca muralis	Lactuca serriola
Sinapis arvensis	Sisymbrium irio	Matricaria	Oxalis corniculata
Sonchus	Stellaria media	Poa annua	Polygonum aviculare
Taraxacum		Sedum vulgare	Senecio vulgaris
		Sisymbrium irio	Sisymbrium officinale
		Sonchus	Stellaria media
		Taraxacum	Veronica persica

- Pour 23 des 46 espèces analysées, un effet banque de graines *moyen ou fort* a été identifié dans au moins une rue.
- Pour 17 des 46 espèces analysées, un effet banque de graines *faible* a été identifié dans au moins une rue.

→ la banque de graines joue un rôle important dans la dynamique de certaines des espèces de plantes présentes dans les pieds d'arbre d'alignement.

Merci pour votre attention !



References

- Baskin, C., & Baskin, J. (2014). *Seeds : Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Academic Press, San Diego.
- Blath, J., Buzzoni, E., Koskela, J., & Berenguer, M. W. (2020). Statistical tools for seed bank detection. *Theoretical Population Biology*, 132, 1–15.
- Fenner, M. (2017). Ecology of seed banks. In *Seed development and germination* (pp. 507–528). Routledge.
- Fuccillo, K. K., Crimmins, T. M., de Rivera, C. E., & Elder, T. S. (2015). Assessing accuracy in citizen science-based plant phenology monitoring. *International journal of biometeorology*, 59(7), 917–926. doi: 10.1007/s00484-014-0892-7
- Gotelli, N. J. (1991). Metapopulation models: the rescue effect, the propagule rain, and the core-satellite hypothesis. *The American Naturalist*, 138(3), 768–776. doi: 10.1086/285249
- Le Coz, S., Cheptou, P.-O., & Peyrard, N. (2019). A spatial markovian framework for estimating regional and local dynamics of annual plants with dormancy. *Theoretical population biology*, 127, 120–132. doi: 10.1016/j.tpb.2019.03.002
- Louvet, A., Machon, N., Mihoub, J.-B., & Robert, A. (subm.). Detecting seed bank influence on plant metapopulation dynamics.
- MacArthur, R. H., & Wilson, E. O. (1967). *The theory of island biogeography*. Princeton university press, New Jersey.
- Pluntz, M., Coz, S. L., Peyrard, N., Pradel, R., Choquet, R., & Cheptou, P.-O. (2018). A general method for estimating seed dormancy and colonisation in annual plants from the observation of existing flora. *Ecology letters*. doi: 10.1111/ele.13097
- Ratnieks, F. L., Schrell, F., Sheppard, R. C., Brown, E., Bristow, O. E., & Garbuzov, M. (2016). Data reliability in citizen science: learning curve and the effects of training method, volunteer background and experience on identification accuracy of insects visiting ivy flowers. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(10), 1226–1235. doi: 10.1111/2041-210X.12581