



CHANGEMENTS CLIMATIQUES

RÉFLEXIONS ET ACTIONS
AGRONOMIQUES

CONGRÈS 2016 | 15-16 SEPTEMBRE



Ordre des
AGRONOMES
du Québec

Madeleine Chagnon PhD

Professeure associée au département des sciences biologiques de l'UQAM

Bloc E: Phytoprotection: Mauvaises herbes et pollinisateurs

Solutions préventives pour le maintien futur des pollinisateurs agricoles

Question 1 :

Prévoyons-nous un impact des
changements climatiques sur les
pollinisateurs ?

Quelques constats scientifiques documentés ...

- Les interactions plantes-pollinisateurs sont essentiels pour les assurer les fonctions et les services écosystémiques.

(Allen-Wardell et al., 1998; Kearns et al., 1998; Waser & Ollerton, 2006; Klein et al., 2007; Ollerton et al., 2011)

- Il y a preuves croissantes d'un déclin des pollinisateurs, des services de pollinisation, et des plantes qui dépendent des pollinisateurs à l'échelle local et régionale

(Biesmeijer et al., 2006; Thomson, 2010; Pauw & Hawkins, 2011)

- Les changements climatiques sont des perturbateurs potentiels des interactions plante-pollinisateur, particulièrement en ce qui concerne les inadéquations temporelles et spatiales entre les plantes et les pollinisateurs, induites par le climat.

(Parmesan & Yohe, 2003; Potts et al, 2010;.. Burkle et al, 2013).

QUESTION 2: Comment les changements climatiques influencent-ils les plantes à fleur ?

Basé sur **Abu-Asab**, M.S., Peterson, P.M., Shetler, S.G. et al.. 2001. Earlier plant flowering in spring as a response to global warming in the Washington, DC, area. *Biodiversity and Conservation* 10: 597•612.

- La floraison des angiospermes implique un cycle phénologique important.
- Les plantes des climats tempérés sont adaptés à un cycle saisonnier annuel comprenant une période de **dormance hivernale** et une **sensibilité à la température et à la lumière**.
- La période (moment) de floraison est directement liée à la température.
- Germination, croissance, reproduction, senescence

SENSIBILITÉ des CULTURES entomophiles

Le développement des plantes est principalement déterminée par la température moyenne et de la photopériode (Nigam et al., 1998).

Avec l'augmentation des températures, les cultures seront cultivées **dans les régions chaudes** avec **une saison de croissance plus longue** (Rosenzweig et al., 2007).

Une augmentation température de 1 à 2 ° C peut avoir un impact négatif sur la croissance des cultures et le rendement à faible latitudes, et un petit impact positif à des latitudes plus élevées (Challinor et al., 2008).

Les températures extrêmes et la sécheresse sont des événements à court terme qui aura probablement une incidence sur les cultures, en particulier **durant l'anthèse** (Wheeler et al., 1999).

Un développement phénologique devancée par la chaleur ou les précipitations suggère que la croissance des plantes à été faite à la limite des ressources (ex. manque de pollen), ce qui met plus de demande sur ces plantes pour les services de pollinisation

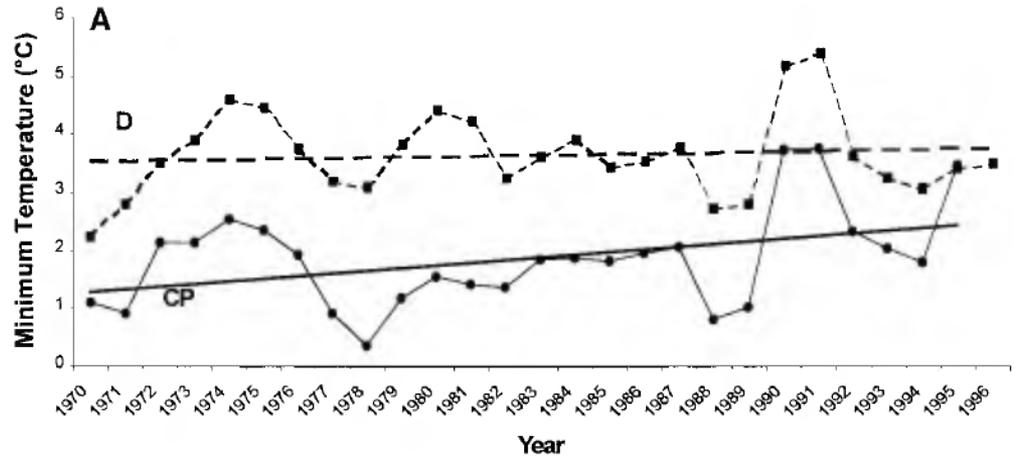
Exemple

Les changements dans les dates de première floraison de 100 espèces, représentant 44 familles d'angiospermes, durant une période de 30 ans (1970-1999) a été étudié à Washington DC et College Park, Maryland (CP)

$$\text{Rappel: } DJ = (T_{max} + T_{min}) / 2 - T_{base}$$

Étudiés comme prédicteurs de la phénologie:

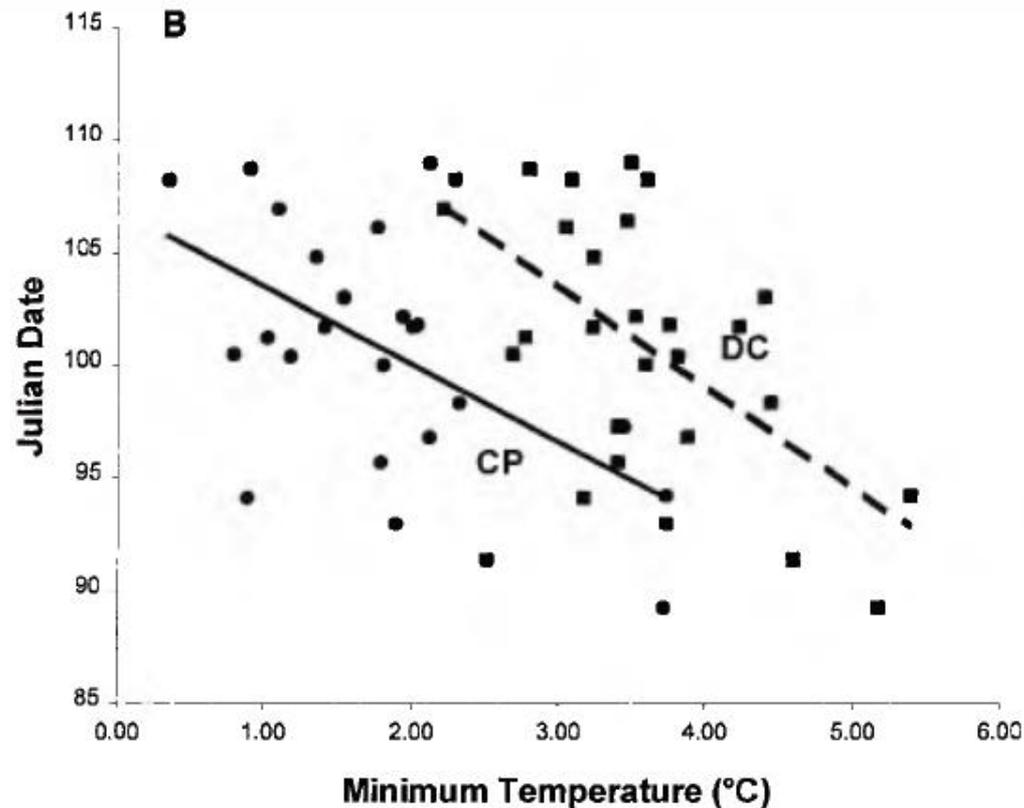
- DJ au-dessus de 0°C
- T_{max}
- T_{min} 
- Précipitations
- Date fonte des neiges



RÉSULTATS

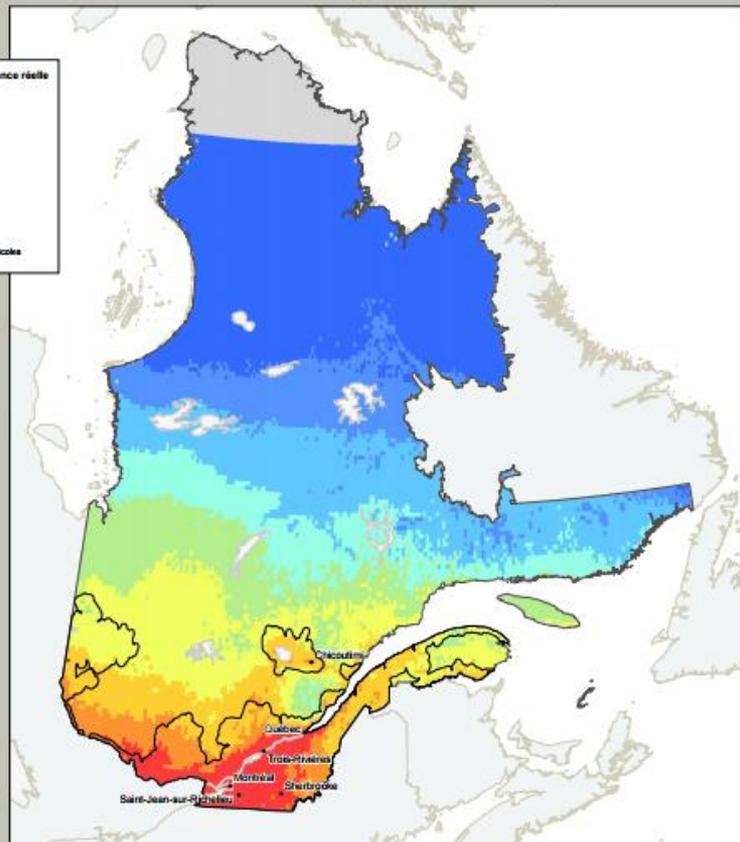
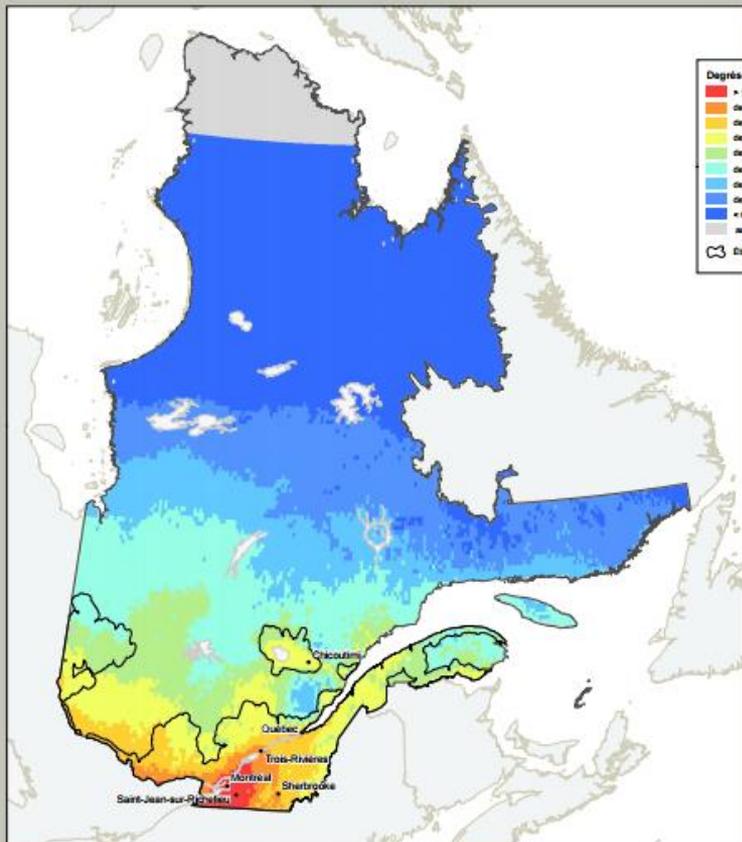
La date de floraison moyenne (jour julien) de 100 espèces est corrélé négativement avec la T_{min} au cours de la période étudiée.

Augmentation de 1.2 °C a CP



Données de climat: 1971-2000

Scénario de changement climatique: 2010-2039



Source: Agriculture et agroalimentaire Canada

QUESTION 3: Comment les pollinisateurs sont-ils affectés par les changements climatiques ?

Leur phénologie est affectée par des facteurs

abiotiques ET biotiques



Andrena praecox
(photo M.Chevriaux)

Devancer l'émergence

Table 2. Change in potential insect pollinators over time. The number is the number of species found within that category (calculations used to standardize reported data found in text) and the percentage is the percentage of species within a given study found in each category.

	Phenological Advances (>5 days earlier)	Little to No Change (±5 days)	Phenological Delays (> 5 days later)
Roy & Sparks 2000	12 species	23 species	0 species (0%)
Forister & Shapiro 2003	5 species	12 species	6 species (26%)
Stefanescu et al. 2003	11 species	5 species	0 species (0%)
Bartomeus et al. 2011	9 species	1 species	0 species (0%)

Adaptations possibles: au froid

Le rapport élevé de la **surface au volume** des petites abeilles conduit à une absorption rapide de la chaleur à des températures ambiantes élevées et un refroidissement rapide à des températures ambiantes basses. Beaucoup d'abeilles sont également capables de contrôler les températures dans leurs muscles pendant et après le vol par des moyens physiologiques et comportementaux (Wilmer et Stone 1997).

Toutes les abeilles au-dessus d'une masse corporelle de 35 à 50 mg sont capables d'endothermie, à savoir la production de chaleur interne (Stone et Willmer 1989; Pierre 1993; Bishop et Armbruster 1999).

Des exemples d'insectes pollinisateurs avec un poids supérieur à 35 mg se trouvent dans les genres *Apis*, *Bombus*, *Xylocopa* et *Megachile*. Chez les de petites abeilles pollinisatrices sont trouvés dans la famille Halictidae, y compris le genre *Lasioglossum*.

Tout ces groupes sont importants pour la pollinisation des cultures.

Adaptations possibles: au chaud

- Les capacités endothermique et les exigences thermiques montrent une grande variation entre les différents groupes d'abeilles.
- La plupart des espèces d'abeilles ont des températures corporelles critiques supérieures (UCT) de 45-50 ° C
(Wilmer et Stone 2004).

Relations plantes-pollinisateurs

Les changements climatiques modifient le calendrier des événements de l'histoire de la vie d'un large éventail d'espèces, dont beaucoup sont impliqués dans interactions mutualistes.

- Animaux qui font la dispersion des graines
- Fourmis
- Mychorizes



MUTUALISME



Ophrys aranifera
La plante mime la femelle émet ses phéromones olfactives (photo Y.Baniere)

PERTE DE SYNCHRONISME FONCTIONNEL

- Les indices abiotiques (ex. climatiques) associées aux changements climatiques causent des réponses biotiques (ex. phénologiques) variables selon les espèces.
 - Ceci peut causer des changements dans le temps
 - - Comportemental (social vs solitaire)
 - chevauchement des espèces
 - interactions entre différents taxa
- conséquences démographiques potentiels.

Table 1. Characteristics of the six studies used to identify changes in flowering phenology across plant species in a given location (Figure 1) and the four studies used to identify changes in insect pollinator phenology (Table 2).

Phenology Articles	Species	Duration	Analysis	Location & Latitude
<i>Flowering Plants</i>				
Fitter and Fitter 2002	385	1954-2000	Subtraction	Oxfordshire, UK; 51.8°N
Dunnell & Travers 2011	178	1910-2010	Subtraction	MN & ND, USA; 46.9°N
Abu-Asab et al. 2001	100	1970-1999	Regression	Washington DC, USA; 38.9°N
Bai et al. 2011	48	1963-2007	Regression	Beijing, China; 39.9°N
Bradley et al. 1999	55	1936-1998	Regression	WI, USA; 43.5°N
Cook et al. 2008	19	1928-2002	Regression	NY, USA; 41.8°N
<i>Insect Pollinators</i>				
Roy & Sparks 2000	35	1976-1998	Regression	British Isles, UK; 54°N
Forister & Shapiro 2003	23	1972-2002	Regression	CA, USA; 38.6°N
Stefanescu et al. 2003	19	1988-2002	Regression	El Cortalet, Spain; 42.2°N
Bartomeus et al. 2011	10	1880-2010	Regression	Northeast USA; 36-50°N

Solga et al., 2014. Timing is Everything: An Overview of Phenological Changes to Plants and Their Pollinators. *Natural Areas Journal*, 34:227-234.

- Lors d'une étude, deux espèces, *Apis mellifera* et *Pieris rapae*, ont devancé leur période d'activité plus que leurs plantes fourragères préférées, ce qui entraîne un décalage temporel avec leurs principales ressources végétales (Hegland et al., 2009).
- Cependant, Kudo et al. (2004) trouvé que les plantes à floraison précoce au Japon ont devancé leur floraison au cours d'un printemps chaud alors l'émergence des reines de boudons ne semblait pas touchée par des températures printanières.
- Les réponses directes aux températures et l'apparition de disparités dans les interactions de pollinisation peuvent varier selon les espèces et les régions (Hegland et al., 2009).

Certaines espèces végétales sont plus vulnérables à une perte de pollinisateurs, particulièrement celles:

- Ayant un système de reproduction auto-incompatible, ce qui les rend dépendantes aux visites de pollinisateur pour la production de semences; (ex. pomme)
- Pour lesquelles la pollinisation est un facteur limitant, comme c'est le cas pour plusieurs des plantes cultivées; (ex. fraise)
- Qui sont dépendantes d'une ou de quelques espèces pollinisatrices, ce qui les rend particulièrement sensibles à la diminution de l'abondance de ces espèces de pollinisateurs en particuliers. (plantes sauvages)

Cooper (1995) donne trois scénarios possibles pour les réponses des pollinisateurs aux changements climatiques:

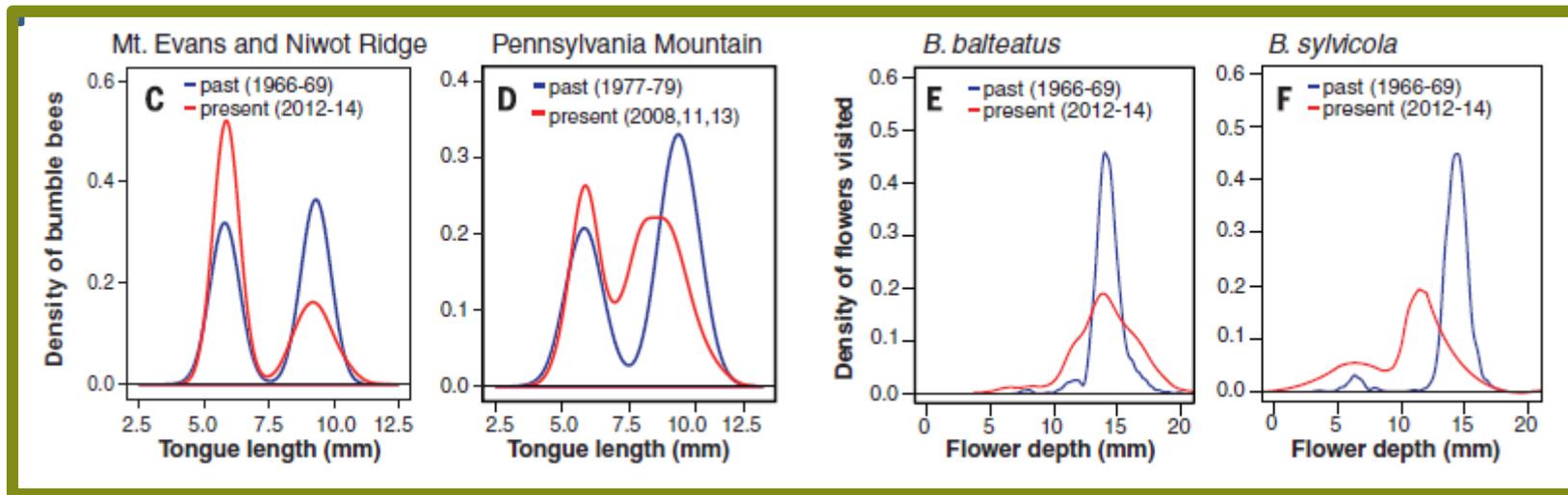
- Adaptation au nouvel environnement
- L'émigration vers un autre endroit approprié
- Extinction

Adaptation a un nouvel environnement

Bourdons a langue longue vs boudons a langue courte

Changement évolutif sur 50 de la dans longueur de la langue

Conséquence sur la densité des visites à long terme



Les espèces qui présentent une plus grande spécialisation (ex. langue longue) qui sont les plus vulnérables.

Malgré la possibilité de déplacer des cultures dans les zones à climat approprié, la science croit toujours que des inadéquations spatiales et temporelles importantes entre les espèces cultivées et leurs pollinisateurs sont très probables dans l'avenir.

Cependant

Pollinisateurs: Les espèces généralistes seront plus adaptables à de nouvelles plantes

Plantes: D'autres pollinisateurs généralistes iront les visiter et accomplir la pollinisation

Forrest & Miller-Rushing, 2010).

DES RÉSULTATS D'ÉTUDES MOINS PRÉOCCUPANTES

- **Jessica R. K. Forrest (Université d'Ottawa)**
- « les plantes et les pollinisateurs concomitants ont tendance à réagir de façon similaire aux signaux environnementaux, mais que néanmoins, certaines paires d'espèce en interaction montrent des changements indépendants de la phénologie ».
- « Il serait utile de tester les effets directs du changement climatique sur la population des pollinisateurs »

Les études sur le terrain démontrant le déclin des populations en raison de l'inadéquation phénologiques induits par le climat sont rares, et la mesure dans laquelle inadéquations sera un problème à l'avenir reste incertain.

On prévoit une plasticité phénotypique et évolution adaptative rapide de la phénologie.

Jason R. Straka and Brian M. Stazowski. 2014, HUMMING ALONG OR BUZZING OFF? THE ELUSIVE CONSEQUENCES OF PLANT-POLLINATOR MISMATCHES *Journal of Pollination Ecology*, 13(14),129-145

Stratégie de solution : Conservation des habitats ?

- La connaissance des attributs spécifiques des changements climatiques susceptibles d'avoir un impact sur les espèces ou habitats est au cœur de toute stratégie de gestion adaptative.
- La température n'est pas le seul facteur abiotique susceptibles de changer à la suite des augmentations anthropiques des gaz à effet de serre.
- Dans certaines régions, les changements dans les précipitations, l'humidité relative, le rayonnement, la vitesse du vent et / ou l'évapotranspiration potentielle peut être plus marqué que pour la température.

Stratégie de solution : Conservation des habitats ?

Les modèles climatique suggèrent que pour certains espèces de pollinisateurs, les changements prévus dans le climat peut considérablement réduire la convenance des habitats actuellement occupés (Thomas et al. 2004).

Ces menaces sont plus susceptibles d'être vivement ressenti par les espèces avec la capacité de dispersion limité

Deux options principales existent:

- Améliorer la connectivité des habitats pour faciliter dispersion naturelle
- **La translocation espèces appropriées**

La translocation espèces appropriées

La première étape de cette dernière approche consiste à identifier les habitats potentiellement appropriés afin de générer des cartes de stratégie de conservation.

Cela exige une compréhension détaillée des écosystèmes et les caractéristiques biologiques des espèces pollinisatrices pertinentes

La translocation espèces appropriées

La translocation des espèces a été démontré comme étant un moyen efficace pour rétablir un large éventail de taxons et peut présenter un outil important de conservation (Hodder & Bullock 1997) en autant que

- La convenance de l'habitat est évaluée de manière adéquate et que ses effets délétères potentiels ont été identifiés
- Tous les impacts doivent être pris en compte
- L'opinion publique doit être favorable est favorable
- Le succès peut être amélioré en faisant en sorte que la taille de l'introduction est suffisamment grande pour compenser pour les effets Allee possibles

La translocation espèces appropriées

- Des individus capturés dans la nature sont utilisés et acclimatés aux sites avant leur libération (Bright & Morris, 1994)
- Des populations sources à proximité sont identifiés (Krauss & Koch 2004).

Apis mellifera

- La propagation de **gènes importés** dans la population locale est probable, et l'augmentation résultante de la diversité génétique n'est pas universellement bénéfique car des gènes inadaptés à l'environnement seront sélectionnés
- Ce processus pourrait bien,
 - à court terme, contribuer à les pertes de colonies
 - à long terme, être insoutenable.



COLOSS : Per Kryger, Aleksandar Uzunov & Norman L Carreck (2014)
Honey bee genotypes and the environment, Journal of Apicultural Research,
53:2, 183-187, DOI: 10.3896/IBRA.1.53.2.01

NE PAS OUBLIER ... Importance des ressources pour la REPRODUCTION des abeilles sauvages



CONCLUSIONS: aménagement

- Les changements climatiques peuvent réduire de manière significative la convenance de l'habitat pour les pollinisateurs et peuvent ainsi menacer les espèces avec une capacité de dispersion limitée.
- Dans ces cas, des translocations d'espèces bien gérées peuvent se révéler une meilleure option que de tenter d'augmenter la connectivité du paysage.

Basé sur: Hulme, P.E. 2005. Adapting to climate change: is there scope for ecological management in the face of a global threat? Journal of Applied Ecology, 42, 784–794

CONCLUSIONS

- Bien qu'il y ait des preuves que certaines plantes et les pollinisateurs sont en cours de changements phénologiques, il y a beaucoup de variation spécifique dans la façon dont les choses ont changé au cours des 50-100 dernières années.
- Des études à venir doivent concentrer leurs efforts sur la compréhension de ces variations et leurs implications écologiques et économiques (ex. Altermatt 2010; Diamond et al. 2011)

Il sera alors possible de faire de meilleures prévisions et de poser des gestes de conservation plus raffinés

SOLUTIONS

- Les modèles mathématiques basé sur des études démographiques à long terme;
- Des observation et expériences en milieu naturel qui exploitent des gradients environnementaux naturels;

... fournissent une base solide pour comprendre davantage les conséquences des changement climatique sur l'écologie des pollinisateurs et offrent la possibilité d'une gestion adaptative qui mèneront vers des **solutions préventives pour le maintient futur des pollinisateurs agricoles**
à long terme