

## TP BG3-4. Climat et variabilité climatique

### V. Migrations, adaptations et changement climatique anthropique

#### 1. Changement climatique et migration de populations

- Analysez l'évolution de la répartition des la chenille processionnaire du pin entre 1981 et 2004 en France.

La carte représente l'évolution de la répartition de cette espèce sur trois périodes récentes.

- On observe une modification mineure de sa répartition entre la période 1 (1981-86) et la période 2 (1987-94), avec en particulier une colonisation de la Limagne (plaine de Clermont-Ferrand).
- On observe aussi une importante évolution entre la période 2 et la période 3 (1995-2004) : elle est présente plus au Nord, avec une remontée de l'ordre de 100 km, et sa répartition dans les régions montagneuses est plus importante (colonisation importante de la Savoie, notamment).

Cette évolution peut être expliquée par le réchauffement climatique, qui s'est accéléré à la fin des années 1990 : de nouveaux espaces initialement trop froids pourraient être colonisés, à la fois des zones situées plus au Nord (Ile-de-France, Sud de la Normandie...) mais également à plus haute altitude (Limagne, Alpes de Savoie)

Il doit cependant être noté qu'il ne s'agit que d'une **hypothèse**, de nombreux autres facteurs étant susceptibles d'expliquer une dynamique populationnelle (modification des populations de prédateurs, fluctuation climatique interannuelle sans lien avec le changement climatique, chaoticité de l'effectif des populations d'espèces à stratégie r, impact des pesticides utilisés par les agriculteurs, politique nationale ou locale de lutte contre les chenilles processionnaires...).

#### 2. Les modifications phénotypiques en réponses au changement climatique : adaptation ou acclimatation ?

- Analysez les expériences de blanchiment. Proposez des hypothèses expliquant les effets déterminés.

On va commencer par analyser les expériences A et C.

Observation : en A, la moyenne est proche de 0,5 les coraux subissent un blanchiment de 50 % à l'échelle de la population, alors qu'en B elle est de 0,85, soit un blanchiment de 85 %.

Interprétation : on en déduit que les coraux issus d'un milieu HV sont **plus résistants au blanchiment** que les coraux issus d'un milieu MV.

Hypothèse :

- On peut faire l'hypothèse que les coraux HV sont **plus adaptés** aux hautes températures que les coraux MV, c'est-à-dire qu'ils ont des gènes (plus vraisemblablement des allèles) de résistance aux hautes températures que n'ont pas les coraux MV. Cette adaptation aurait été acquise au cours de l'évolution, par sélection naturelle.
- Mais on peut également supposer que les coraux HV auraient une **capacité d'acclimatation/accommodation** plus importante que les coraux MV. Leur meilleure résistance traduirait alors une meilleure **capacité à modifier leur phénotype** de façon à résister aux hautes températures.

On va analyser les expériences B et D, en les comparant à C et A.

Analyse du protocole : en transplantant les coraux pendant 12 mois en dehors de leur milieu d'origine, on cherche à tester leur **capacité d'accommodation/acclimatation**, et non leur capacité d'adaptation, en raison du temps court (seulement 12 mois).

- On va comparer A à D : on teste l'impact du changement de milieu sur **l'acclimatation** des coraux MV
- On va comparer C à B : on teste l'impact du changement de milieu sur **la perte d'acclimatation** des coraux HV

Observation : les coraux MV sont **plus résistants** au blanchiment (D : 70 % de résistance) après 12 mois passés dans le milieu HV par rapport aux coraux témoins (A : 50 % de résistance).

Interprétation : les coraux MV se sont donc **acclimatés** au milieu HV.

Observation : les coraux HV sont **moins résistants** au blanchiment (B : 50 % de résistance) après 12 mois passés dans le milieu MV par rapport aux coraux témoins (C : 85 % de résistance).

Interprétation : les coraux MV se sont donc **acclimatés** au milieu MV, c'est-à-dire qu'ils ont perdu leur **capacité acquise** résister aux hautes température.

Enfin, on peut comparer les expériences A et B d'une part, et C et D d'autre part.

Observation : les coraux ont la même capacité de résistance (50 %) quand ils se développent dans un milieu MV, **quelle que soit leur origine.**

Interprétation : c'est le milieu de vie, et non pas l'origine qui détermine la résistance. L'acclimatation est donc de loin le paramètre le plus important dans la résistance (du moins pour le milieu MV).

Observation : les coraux HV résistent mieux (C : 85 %) que les coraux MV acclimatés au milieu HV (D : 70 %).

Interprétation : le milieu de vie provoque une acclimatation, elle n'est pas suffisante pour expliquer la résistance des coraux HV. Les coraux HV ont donc bien, en plus, des adaptations au milieu HV, qui leur permettent de mieux résister.

Critique : le faible nombre d'individus étudiés rend ces conclusions discutables (pour A, B, C et D, respectivement 17, 7, 8 et 12 individus) ; il faudrait soit étayer ces résultats par un test statistique non paramétrique, assorti d'un calcul d'un niveau de confiance, soit (surtout !) augmenter le nombre de répétitions de la même expérience.

- **Que nous apporte cette expérience ? en quoi permet-elle d'apporter un éclairage quant aux hypothèses formulées précédemment ?**

Il y avait une erreur dans le document : les barres bleu foncé correspondent en fait à « **MV natives in MV.** »

Analyse du protocole expérimental : on mesure l'expression de 5 gènes dans les 4 situations présentées dans le document précédent. Une acclimatation devrait se traduire par une modification de l'expression lors du transfert de milieu (comparaison des colonnes 1 et 3, et 2 et 4) ; une adaptation devrait se traduire par une modification de l'expression génétique entre coraux issus de milieux différents (comparaison des colonnes 1 et 2, et 3 et 4).

Observations : pour les coraux HV, on observe une augmentation de l'expression lors du passage du milieu HV au milieu MV.

Interprétation : la baisse de résistance de ces coraux lors du passage au milieu MV est donc une acclimatation.

Observations : pour les coraux MV, on n'observe pas de variation significative de l'expression lors du passage du milieu HV au milieu MV.

Interprétation : on ne peut pas mettre en évidence d'acclimatation pour les gènes considérés, pour les coraux MV.

Observations : on n'observe pas de différences significatives dans l'expression de ces 5 gènes en milieu MV.

Interprétation : on ne peut donc pas mettre en évidence d'adaptations dans ce milieu.

Observations : on observe une différence significative dans l'expression de certains gènes en milieu HV (expression plus importante pour les coraux MV que pour les coraux HV, pour les gènes 1, 3, 4 et 5).

Interprétation : les différences d'expression n'existent que dans le milieu HV, ce qui signifie que les coraux HV ont la capacité à diminuer l'expression de certains gènes lorsqu'ils sont en milieu HV, ce dont les coraux MV sont incapables. Les coraux HV sont donc **adaptés à l'acclimatation**, une idée qui avait été évoquée dans l'analyse du tout premier document (ils ont une meilleure **capacité d'acclimatation** que les coraux MV).

### 3. **Impact du réchauffement climatique sur les relations interspécifiques**

- **Analysez l'impact de la température sur le niveau de mycorhization de chacune des deux espèces végétales. Comment peut-on interpréter les différences observées entre les deux espèces ?**

Il y a une augmentation significative de la mycorhization chez *A. scabra*, mais pas chez *D. lanuginosum*, donc l'augmentation des températures provoque la mycorhization chez *A. scabra* seulement.

De plus, à basse température, *A. scabra* n'est pas du tout mycorhisée, alors que 20 % des racines les sont chez *D. lanuginosum*.

On en déduit que la mycorhization est une acclimatation/accommodation de *A. scabra* à l'augmentation des températures, lui permettant par exemple de mieux assurer sa nutrition hydrique, mais que la mycorhization de *D. lanuginosum* est constitutive, c'est-à-dire indépendante des conditions climatiques. Ceci est en lien avec le milieu de vie de ces deux plantes : l'une (*A. scabra*) est **thermophile facultative**, c'est-à-dire capable de croître dans des milieux chauds ou non, alors que *D. lanuginosum* est thermophile stricte, c'est-à-dire adaptée uniquement aux climats chauds.

- Analysez l'impact de la mycorhization sur la production de biomasse de chacune des deux espèces.

Chez *A. scabra* :

Observation : quelle que soit la température, la production de biomasse est la même sans mycorhization, avec mycorhize avec champignons non thermophiles ou thermophiles.

Interprétation : la mycorhization n'a pas d'impact sur la production de biomasse chez cette espèce.

Hypothèses : la mycorhization observée dans le cas de températures importantes (document précédent) pourrait augmenter la fitness de l'espèce sans que cela ne se traduise par une variation de biomasse (meilleure résistance à la sécheresse, descendance plus abondante...).

Chez *D. lanuginosum* :

Observation : à basse température, on n'observe pas de variation de la production de biomasse.

Interprétation : donc la mycorhization n'a pas d'impact sur la production de biomasse à basse température.

Observation : en revanche, à haute température, on observe une augmentation de biomasse produite après mycorhization (quel que soit le champignon).

Interprétation : donc la mycorhization provoque une augmentation de la production de biomasse à haute température.

Hypothèses : on peut faire l'hypothèse que l'adaptation aux hautes températures pour cette espèce passe en réalité par la mycorhization, qui lui permettrait, en produisant plus de biomasse, d'être plus compétitive par rapport aux autres espèces (comme *A. scabra* par exemple).

- Analysez l'impact de la température sur la production de biomasse de chacune des deux espèces.

Chez *A. scabra* :

Observation : quelle que soit la condition de mycorhization, on observe un effondrement de la production de biomasse lorsque la température augmente (divisée par 4 à 5).

Interprétation : la température provoque une diminution de la production de biomasse, même s'il y a mycorhization.

Donc la mycorhization, pourtant plus importante dans conditions de température élevée, n'empêche pas la diminution de la production.

Chez *D. lanuginosum* :

Observation : sans mycorhizes, les températures ne modifient pas la production organique, qui est faible.

Interprétation : cette espèce est peu sensible à la température, et notamment, n'est pas impactée négativement par les températures (contrairement à *A. scabra*).

Hypothèse : elle possède probablement des adaptations aux hautes températures (cuticule épaisse, réserves d'eau dans un parenchyme aquifère...) que n'a pas *A. scabra*.

Observation : en revanche, lorsqu'il y a mycorhization (et quel que soit le type de champignon), la production organique **augmente** lorsque la température augmente.

Interprétation : les hautes températures **provoquent une augmentation de la production organique** dans des conditions de mycorhization. Cette conséquence – inattendue – peut être vue comme une **exploitation maximale de la mycorhization dans les conditions chaudes**, constituant une **augmentation de la fitness de cette espèce par rapport à d'autres espèces** (comme *A. scabra*).