

Problème pratique de statistique n° pps073

Relations entre variables morphométriques foliaires et floraison chez l'orchis mâle *Orchis mascula* L.

Olivier Durbin


M2 Applications à la Bioévaluation des Ecosystèmes et à
l'Expertise de la Biodiversité - UE Pratique de l'Ecologie
Statistique sous 

Table des matières

1	Introduction	2
2	Matériel et méthodes	3
2.1	Modèle biologique : l'orchis mâle <i>Orchis mascula</i> L.	3
2.2	Epi floral et taille des feuilles	3
2.3	Le nombre de feuilles	5
3	Données disponibles	6
	Références	8



1 Introduction

Les Orchidacées, représentant environ le douzième des plantes à fleurs, constituent une des dernières familles végétales à être apparues. Nombre de leurs traits sont ainsi remarquables et témoignent des stratégies particulières adoptées par les différentes espèces de cette famille pour pouvoir s'implanter dans des niches déjà occupées (Delforge, 1994 [5]). En effet, malgré leur répartition cosmopolite et même si elles sont présentes dans la plupart des écosystèmes, on les retrouve pour la plupart dans des niches assez pauvres, pour lesquelles elles sont extrêmement adaptées. On les trouvera ainsi en milieu aérien (orchidées épiphytes tropicales), en milieu sombre (orchidées non chlorophylliennes), ou en milieu oligotrophe pour la majorité des orchidées européennes (Bournérias et al., 1998 [1]).

Cette répartition singulière va de pair avec des caractéristiques étonnantes, en particulier dans deux domaines : reproduction et nutrition. Apparues tardivement au sein de biomes déjà diversifiés, les orchidées auraient évolué au sein d'un système plante-pollinisateur déjà bien établi, au contraire d'une grande partie des Angiospermes qui a contribué à la création de ce système en coévoluant avec les pollinisateurs. Cette hypothèse est avancée pour expliquer dans une optique évolutive la spécialisation radicale du labelle des orchidées en organe attracteur, mimant souvent une espèce nectarifère, voire la femelle du pollinisateur (Kullenberg et Bergström, 1976 cité dans [1]), qui viendra alors tenter une reproduction plutôt que chercher du nectar (orchidées du genre *Ophrys*). D'autre part, les orchidées sont caractérisées par une association mycorhizienne spécifique dite endomycorhize à pelotons. Cette association nutritive est apparemment obligatoire dans deux cas au moins : la germination des graines, extrêmement réduites et dépourvues de tissu nutritif et la nutrition quasi-parasitique des orchidées non-chlorophylliennes dites mycohétérotrophes. C'est d'ailleurs par l'étude des orchidées que la symbiose mycorhizienne a été mise en évidence (N. Bernard, 1903 cité dans [1]).

Leur répartition globale, leurs caractéristiques biologiques remarquables, leur "jeunesse" phylogénique, leur tendance à l'hybridation, même intergénérique, font des orchidées une famille végétale des plus intéressantes à étudier, pour des sujets aussi variés que les interactions plante-pollinisateur, les interactions plante-symbiote, ou même les modèles de dynamique de population ou d'évolution.

Certains aspects de leur biologie sont cependant peu connus, par exemple les conditions induisant la floraison, étape majeure du cycle annuel de la plante. Les orchidées d'Europe, par exemple, sont des plantes vivaces et on a observé qu'elles pouvaient ne pas produire de fleurs pendant une ou plusieurs années avant de refleurir (P. Jacquet, 1995 [7]). Au sein de la population d'*Orchis mascula* L. étudiée, on observe que plus de la moitié des rosettes ne fleurit pas. Si on pose comme postulat le fait que la production d'un épi floral occasionne un coût élevé pour la plante, vivant souvent en milieu peu riche, la considération des feuilles, qui sont la source de la production primaire par photosynthèse, s'impose. Selon les individus, les feuilles ont différentes morphologies, gardant toujours la même forme oblongue de base, mais dont les paramètres de longueur et largeur varient. La maximisation du gain énergétique passe par l'augmentation de surface foliaire, mais celui-ci connaît deux modalités : l'allongement et l'élargissement. On peut émettre l'hypothèse que la relation qu'entretiennent longueur et largeur

de la feuille modifie le gain énergétique et possède une influence sur la floraison. L'étude réside donc en la caractérisation d'une population d'*Orchis mascula* L., au moyen d'un suivi morphométrique des feuilles de la rosette associé à un traitement statistique approprié.

2 Matériel et méthodes

2.1 Modèle biologique : l'orchis mâle *Orchis mascula* L.

Rang systématique : Div. *Magnoliophyta*, Cl. *Liliopsida*, O. *Orchidales*, Fam. *Orchidaceae*

L'orchis mâle est une des orchidées sauvages françaises les plus communes. Elle peut former des colonies importantes dans ses stations, qui sont largement réparties sur tout le territoire continental ainsi qu'en Corse. Du fait de l'étendue de son aire et de sa variabilité conduisant à la formation d'écotypes, on la rencontre dans des biotopes extrêmement variés, jusqu'à 2700m d'altitude. Elle est pourtant aisément reconnaissable, et ne forme que peu d'hybrides, essentiellement avec les autres espèces de son groupe. Ces caractéristiques en font un modèle simple et pratique, privilégié pour l'étude de populations d'orchidées. Notons que certains pieds présentent une maculation noire des feuilles, mêlés aux autres pieds immaculés de la population, ce phénomène est commun à toutes les stations de cette espèce ([5] [1] Danesch, 1972 [4]).

La population, suivie en Avril 2004, provient d'une station du plateau du Parc Naturel Régional du Vercors (voir carte dans la figure 1), située à 1100m d'altitude, au sein d'une pelouse maigre calcaire à *Juniperus communis* et *Buxus sempervirens*, en pleine lumière. Les espèces d'orchidées associées à notre population sont *Dactylorhiza sambucina* (L.) Soó, dont les hybrides avec l'orchis mâle sont très improbables, ainsi qu'*Orchis pallens* L. et *Orchis provincialis* Balbi, toutes deux membres du sous-groupe d'*O. mascula* mais dont les hybrides avec cette espèce sont rares, facilement identifiables et n'ont pas été observés en cette station.

2.2 Epi floral et taille des feuilles

Les mesures ont été effectuées sur les plants encore en rosette, mais à un stade avancé précédant de peu la floraison. De cette façon, la production d'épi floral était facilement détectable par observation d'une feuille engainante différente des feuilles de la rosette, protégeant une structure rigide, la jeune ébauche de tige.

Les mesures effectuées sont la longueur (variable L) et la largeur (variable l) de la plus longue feuille de la rosette, ainsi que la présence d'une ébauche d'épi floral annonçant la future floraison (facteur **epi**).

La caractérisation métrique de la plus longue feuille est un outil classique de morphométrie foliaire, communément utilisé comme un indicateur simple et pratique de vigueur végétale, et parfois décliné en différentes variantes comme la longueur moyenne des deux plus longues feuilles et la largeur moyenne des deux plus larges feuilles (Champluvier & Jacquemart, 1999 [3]). Voir aussi Yobi et al., 2001 [8] disponible à :

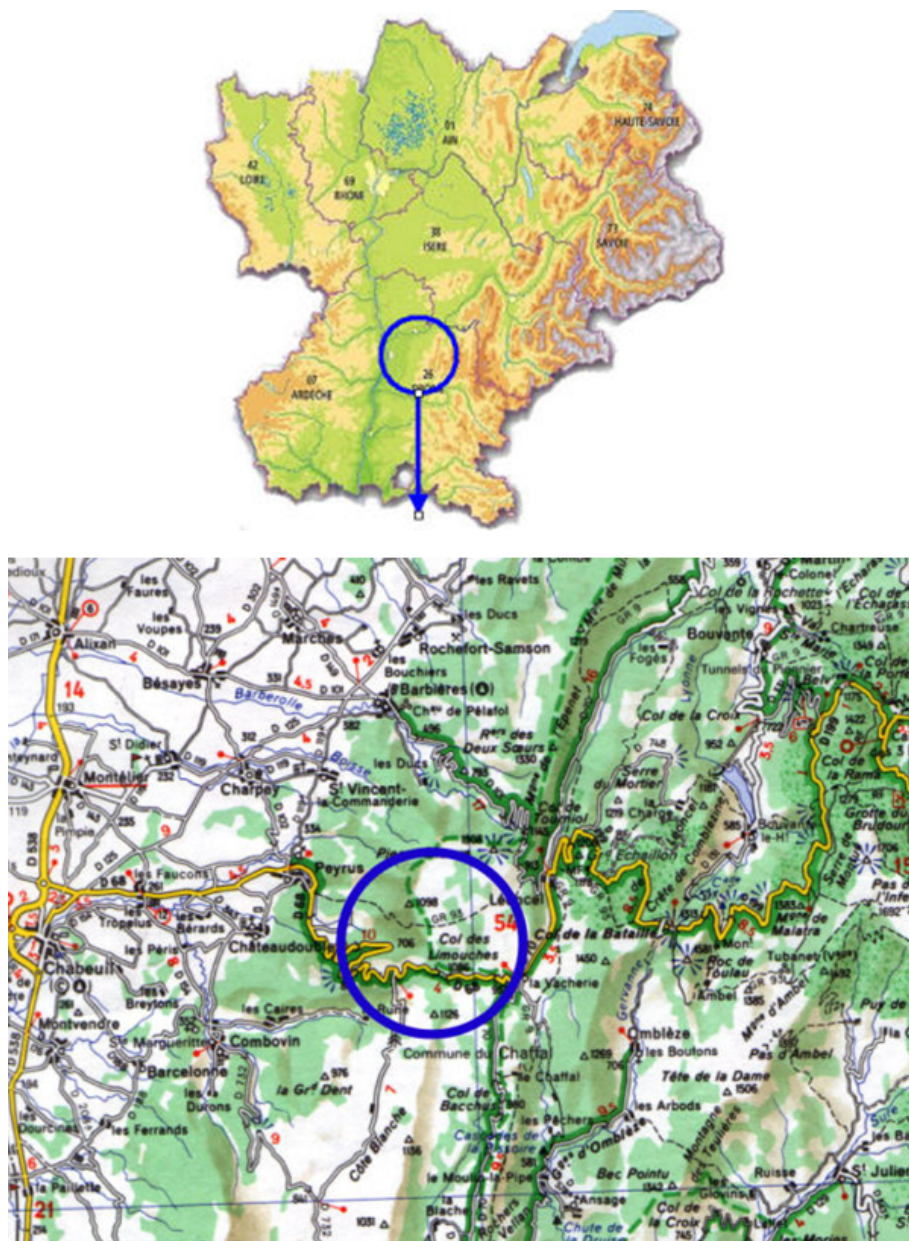


FIGURE 1 – Situation de la population étudiée.

http://www.ipgri.cgiar.org/pgrnewsletter/article.asp?lang=en&id_article=22&id_issue=127

Dans le cas présent, la plus longue feuille est très généralement aussi la plus large.

La prise de mesure au stade de rosette semble plus complexe à première vue, car la reconnaissance de l'espèce et la détection des plants fleuris sont plus aisées au stade floral, mais elle s'avère incontournable pour le modèle biologique utilisé. En effet la plus longue feuille est souvent l'une des premières feuilles produites, et son état se dégrade grandement à la saison de floraison (Mai), elle se est progressivement racornie en raison de l'assèchement général du milieu lié à un plus fort ensoleillement et une hausse des températures.

De plus, la végétation environnante devient plus touffue, notamment certaines Poacées qui croissent et dissimulent de plus en plus les petits pieds d'orchidées à mesure que la saison avance, une mesure précoce est donc là encore préférable pour éviter le biais que causerait une sélection involontaire des seuls grands plants.

Enfin, l'impact de l'Homme sur les stations n'est pas à négliger, en effet l'arrivée de la belle saison voit le déferlement d'un grand nombre de randonneurs sur cette station (proche du GR93) dont les impacts sont assez destructeurs. On constate un piétinement important de la station causant la destruction partielle ou totale des parties aériennes des individus (randonnées en groupes mais aussi quelques amateurs n'hésitant pas à "sacrifier" la population afin d'obtenir un cliché du plus bel individu) et une cueillette non négligeable en période de floraison, ce qui réduit le nombre d'individus, les dégrade, et pourrait de plus biaiser une étude, les plus grands épis étant les plus fréquemment prélevés, malgré l'illégalité de la cueillette dans l'enceinte du Parc Naturel Régional du Vercors.

2.3 Le nombre de feuilles

Rappelons que cette espèce est une géophyte selon la classification de Raunkiaer, c'est à dire une plante vivace passant la mauvaise saison sous forme de bulbe enterré. L'orchis mâle va donc devoir produire une nouvelle rosette de feuilles afin de pouvoir retrouver son activité photosynthétique, et ce dans les premiers mois de l'année (Danesch, 1972 [4]). Cette mise en place des structures foliaires est permise par utilisation des ressources énergétiques stockées dans le bulbe, issues de l'activité photosynthétique de l'année précédente. Ce renouvellement annuel de l'ensemble de l'appareil foliaire, conditionné par l'accumulation de ressources de la saison antérieure pourrait être un point à relier à la différence de largeur foliaire visible dès les premiers stades du développement. Une largeur supérieure (à longueur égale) signifie une plus grande surface foliaire et donc une meilleure production photosynthétique de composés organiques par les tissus foliaires.

Cependant les orchidées possèdent une autre source de molécules organiques en la forme d'une association symbiotique avec un mycète, notamment le genre *Rhizoctonia sp.*. En effet on peut observer des espèces d'orchidées achlorophylliennes, comme *Neottia nidus-avis* (L.) Rich., qui ne possèdent plus de feuilles et tirent leur éléments organiques (et minéraux) de l'association avec un champignon saprophyte. De même, on trouve des espèces chlorophylliennes qualifiées

de mixotrophes dont la source de carbone est partagée entre photosynthèse et mycohétérotrophie. Au sein de ces espèces, ordinairement de sous-bois, des individus blancs exceptionnels (dépourvus de chlorophylle) peuvent toutefois subsister grâce à leur mycète (Bournérias, Prat et al., 2005 [2]). On peut donc se demander si la différence de production photosynthétique ne pourrait être compensée par une association symbiotique plus efficace, ou même si le symbiote ne joue pas de rôle obligatoire dans l'induction florale, en conséquence de la coévolution orchidée-symbiote.

L'observation de germinations *in vitro* de pieds élevés sur milieu nutritif stérile tendrait à indiquer que le rôle du symbiote est purement nutritif. En effet ces pieds élevés sur milieu asymbiotique ont subi un développement normal, avec une floraison plus rapide qu'en milieu naturel. Les graines, semées en fin d'année, ont germé l'année suivante et fleuri au second printemps [1]. Cette floraison asymbiotique illustre le caractère non obligatoire de la symbiose endomycorhizienne des orchidées, en milieu riche et sans compétition interspécifique, et indiqueraient que l'induction florale n'est pas directement liée au symbiote mais à des facteurs endogènes.

Mais une expérience de Noël Bernard va plus loin encore en ce sens. Après avoir découvert la symbiose mycorhizienne par observation de *Neottia nidus-avis* se développant et même fleurissant sous terre, il chercha les limites des fonctions de la mycorhize. Il sema des milieux stériles avec des graines de *Cattleya sp.* (genre tropical chlorophyllien) stérilisées à l'hypochlorite de sodium. Il put ainsi mettre en évidence que la germination et le développement dépendaient directement du taux de sucre disponible dans le milieu (N. Bernard *in* Duperré et Dogoud, 1955 [6]). Ces résultats indiquent le caractère déterminant de la richesse de la plante en réserves nutritives pour l'induction des différents processus du développement.

Ces résultats vont dans le même sens que les observations de la présente étude, reliant la floraison à une disponibilité en réserves nutritives exprimée par la surface foliaire, permettant la production de sucres chez les plantes photosynthétiques comme l'orchis mâle. On peut donc poser comme hypothèse un modèle avec accumulation progressive de réserves chez la jeune plante, permettant d'année en année la production d'une surface foliaire plus importante, jusqu'à atteindre un seuil permettant la production d'un épi floral sans compromettre la survie ou la production de l'appareil foliaire de l'année suivante.

Il est donc logique de penser que l'augmentation de surface foliaire va de paire avec l'augmentation du nombre de feuilles. Par observation visuelle, on note que les jeunes individus non-florifères produisant en effet fréquemment de longues et minces feuilles, alors que les individus reproducteurs produisent des feuilles plus larges et plus nombreuses. On notera de même que les différentes feuilles d'un individu semblent toutes être de morphologie identique (les feuilles plus courtes sont des répliques de la plus longue). La variable `nb` donnera le nombre de feuilles. On a enfin mesuré, sans faire d'hypothèse particulière la présence de tâches sur les feuilles dans un facteur `taches` à deux modalités (O-N).

3 Données disponibles

On les trouvera dans le fichier `pps073.rda` à utiliser avec :

<http://pbil.univ-lyon1.fr/R/donnees/pps073.rda>

Pour s'en servir :

```
load(url("http://pbil.univ-lyon1.fr/R/donnees/pps073.rda"))
names(pps073)
[1] "message" "headers" "data"
dim(pps073$data)
[1] 75 5
names(pps073$data)
[1] "L"      "l"      "epi"    "taches" "nb"
summary(pps073$data)
      L          l          epi          taches          nb
Min.   : 38.00   Min.   : 7.00   N:46     N:61     Min.   :2.000
1st Qu.: 56.00   1st Qu.:12.00   0:29     0:14     1st Qu.:3.000
Median : 72.00   Median :13.00                     Median :3.000
Mean   : 72.01   Mean   :13.85                     Mean   :3.573
3rd Qu.: 85.00   3rd Qu.:16.00                     3rd Qu.:4.000
Max.   :113.00   Max.   :23.00                     Max.   :7.000
```

L'objectif est donc de mesurer l'influence des variables morphométriques sur la variable floraison sur un ensemble de 75 observations indépendantes.

```
iconv(pps073$message, "latin1", "UTF-8")
[1] "les données qui suivent proviennent d'une étude personnelle sur une population d'Orchis mascula L. en Avril 2004 et sont bien sûr d'utilisation libre"
      pps073$headers
[1] " Les différents headers sont L : longueur de la plus longue feuille, l : largeur de la plus longue feuille, epi : production d'épi florifère par l'ind, taches : maculation des feuilles, nb : nombre de feuilles en rosette"
```

Références

- [1] M. Bournérias. *Les Orchidées de France, Belgique et Luxembourg. Ouvrage collectif sous l'égide de la Société Française d'Orchidophilie*. Biotope, Paris, 1998.
- [2] M. Bournérias and D. Prat. *Les Orchidées de France, Belgique et Luxembourg. Ouvrage collectif sous l'égide de la Société Française d'Orchidophilie*. Biotope, Paris, seconde édition edition, 2005.
- [3] D. Champluvier and A.-L. Jacquemart. Quelques observations sur deux populations gaumaises (lorraine belge) de *Pulmonaria montana* (boragina-ceae). *Belgian Journal of Botany*, 132 :13–25, 1999.
- [4] E. Danesch and O. Danesch. *Orchideen Europas : Mitteleuropa. III Auflage*. Hallwag Verlag, Bern & Stuttgart, 1972.
- [5] P. Delforge. *Guide des Orchidées d'Europe, d'Afrique du nord et du Proche-Orient. ed.* Delachaux et Niestlé, Paris, 1994.
- [6] A. Duperrex and R. Dogoud. *Orchidées d'Europe*. Delachaux et Niestlé, Paris, 1955.
- [7] P. Jacquet. Cartographie des orchidées du rhône. *L'Orchidophile*, 116, Suppl. :1–56, 1995.
- [8] A. Yobi, B. Henchi, M. Neffati, and R. Jendoubi. Système de reproduction et variabilité morpho-phénologique chez *Allium roseum* l. *PGR Newsletter*, 127 :29–34, 2001.