

2017

Comment se caractérise la dynamique de population de la gentiane jaune en Auvergne ?



Source : Lamontagne.fr



VetAgro Sup

Diego Laforge,

Loïc Leroy

Marie-Cécile Virion

Tuteur : Adrien Pinot

Demandé par : Stéphanie

Flahaut

Table des matières

Introduction	2
Objectifs	2
I. Description des données	3
A. Protocole	3
B. Diagramme en boîte.....	3
C. Evolution de la population.....	5
II. Probabilité de passage d'un stade à l'autre	6
III. Caractéristiques des hampes florales et leur impact sur la croissance	9
A. Stade d'apparition des hampes florales et représentation dans la population	9
B. Impact de la présence d'une hampe florale sur la croissance	11
Conclusion.....	14
Bibliographie.....	15
Annexes.....	16

Table des illustrations

Figure 1 : Diagramme en boîte pour l'année 2012	3
Figure 2 : Résultat de la commande summary sur R.....	4
Figure 3 : Nombre de plants par stade en fonction des années	4
Figure 4 : Répartition des individus en fonction de leur stade à l'année n et n+1	5
Figure 5 : Graphique de la différence entre la probabilité de passage et la probabilité de régression entre les différents stades de développement.....	7
Figure 6: Evolution du nombre d'années nécessaires en moyenne pour passer un stade de développement	8
Figure 7 : Nombre de plants avec une hampe florale selon les stades de développement.....	9
Figure 8 : Proportion des plantes ayant une hampe florale selon les stades de développement	9
Figure 9 : Répartition des plants avec et sans hampe florale en fonction des années selon différents stades.....	10
Figure 10 : Probabilités pour un plant au stade c de changer de stade l'année suivante.....	11
Figure 11 : Probabilités pour un plant au stade d de changer de stade l'année suivante	11
Figure 12 : Proportion d'individus au stade A qui augmentent d'un stade ou stagne en fonction de la présence d'une hampe florale.....	12
Figure 13 : Proportion d'individus au stade A qui diminuent d'un stade ou stagne en fonction de la présence d'une hampe florale.....	12
Figure 14 : Proportion d'individus au stade B qui augmentent d'un stade ou stagne en fonction de la présence d'une hampe florale.....	13
Figure 15 : Proportion d'individus au stade B qui diminuent d'un stade ou stagne en fonction de la présence d'une hampe florale.....	13

Introduction

Gentiane lutea L. est une plante vivace dicotylédone de la famille des Gentianacées qui peut atteindre plus d'un mètre de hauteur et vivre jusqu'à 50-60 ans (Fournier, 1948). La Gentiane, sous son nom vulgaire, se trouve dans les montagnes du sud de l'Europe et de l'Asie Mineure à une hauteur comprise entre 600 et 2500m. Dans le Massif central elle est présente dans les plaines d'altitudes des Monts Dore, des monts Dôme, du Cézallier, du Cantal et de l'Aubrac mais aussi en Lozère et en Aveyron (Flahaut, 2006). La Gentiane est connue pour les propriétés médicinales et aromatiques de la partie souterraine constituée des rhizomes et des racines de la plante où sont stockées les réserves d'énergies assimilées pendant la belle saison. Elle a une certaine importance économique en Auvergne puisqu'elle est récoltée à l'état sauvage par arrachage mécanique ou manuel pour l'industrie pharmaceutique, cosmétique, agro-alimentaire et vétérinaire. De plus les besoins français annuels sont estimés à 2500t en racines fraîches et 50% des ventes françaises sont destinées à l'exportation. La région Auvergne en produit environ 1500 tonnes par an (Flahaut, 2006). Au-delà de l'intérêt économique il y a également un enjeu patrimonial à prendre en compte. En effet comme il s'agit d'une ressource sauvage la question sur sa pérennité se pose. Une meilleure connaissance de l'écologie de l'espèce permettrait une gestion raisonnée des prélèvements plus pertinente. *Gentiane lutea* L. est une plante géophyte, c'est-à-dire qu'à partir de la deuxième année sa partie aérienne est réduite à un bourgeon au niveau du sol (Dupon, 1980). De ce fait le suivi des populations demande un travail particulier pour l'identification des individus d'année en année. Cette étude traite des données prélevées de 2011 à 2014, basée sur une identification d'individus par stades de développement sur une surface donnée.

Problématique : Comment caractériser les dynamiques de populations de la Gentiane sauvage dans le Massif Central afin de donner des pistes de réflexion sur une exploitation durable de la ressource ?

Objectifs

La première partie de cet exposé présentera une étude de la population de *gentiana lutea* afin de caractériser notre jeu de données. Cette première étude permettra de décrire la population actuelle ainsi que l'évolution de cette population dans le temps. La première question que l'on peut se poser est comment décrire la population étudiée de gentiane jaune ? La réponse à cette question sera abordée par une analyse statistique descriptive.

Dans un second temps on tentera de caractériser l'évolution de cette population en répondant à la question : la population de gentiane évolue-t-elle, et si oui a-t-elle plutôt tendance à régresser ou à croître ? Cette question sera traitée par une étude de population en fonction du temps.

I. Description des données

A. Protocole

Des comptages sont effectués sur des placettes de 5m par 5m, réparties sur 8 stations différentes. Sur ces placettes, on relève la quantité et la taille des touffes (on entend par touffe, un groupe de rosettes supposées d'appartenir à un même rhizome), quantité et taille des rosettes isolées, quantité, taille et état des hampes florales.

Il faut préciser que par manque de moyens, en 2011 seules les stations 1, 3, 4 et 6 ont été vérifiées et en 2014, seules les stations 5 et 6 ont été vérifiées.

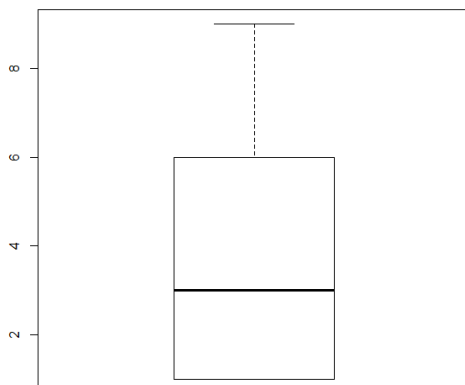
Stade	Explication	Notation dans l'exposé
s	Semis de l'année	1
a	<5 cm	2
b	<10 cm	3
c	<20	4
d	≤21	5
d+h	≤21 & possède au moins une hampe florale	5
A	2 à 4 touffes	6
A+h	2 à 4 rosettes & possède au moins une hampe florale	6
B	5-15 rosettes	7
B+h	5-15 rosettes & possède au moins une hampe florale	7
C	16 à 20 rosettes	8
C+h	16 à 20 rosettes & possède au moins une hampe florale	8
D	Plus de 21 rosettes	9
D+h	Plus de 21 rosettes & possède au moins une hampe florale	9

Pour des notions de facilités, les stades ont été indexés de 1 à 9 sans prendre en compte, dans un premier temps, la présence ou non de hampe florale.

A partir des feuilles à l'année fournies, un premier tableau (Annexe 1) a été réalisé sous Excel. Ces données ont ensuite été importées dans le logiciel R.

B. Diagramme en boîte

Dans un premier temps nous allons étudier la répartition de nos données grâce au boxplot suivant pris sur l'année 2012 :



Le boxplot suivant nous permet d'apprécier la répartition des individus en fonction de leur stade.

Minimum : 0

1^{er} quartile : 1

Médiane : 3

Moyenne : 3,424

3^{ème} quartile : 6

Maximum : 9

On voit très clairement une prédominance des individus plus jeunes dans la population de

Figure 1 : Diagramme en boîte pour l'année 2012

gentiane jaune. La médiane égale à 3 montre que la moitié des individus sont au stade b ou à un stade inférieur. Cette tendance est la même pour toutes les années.

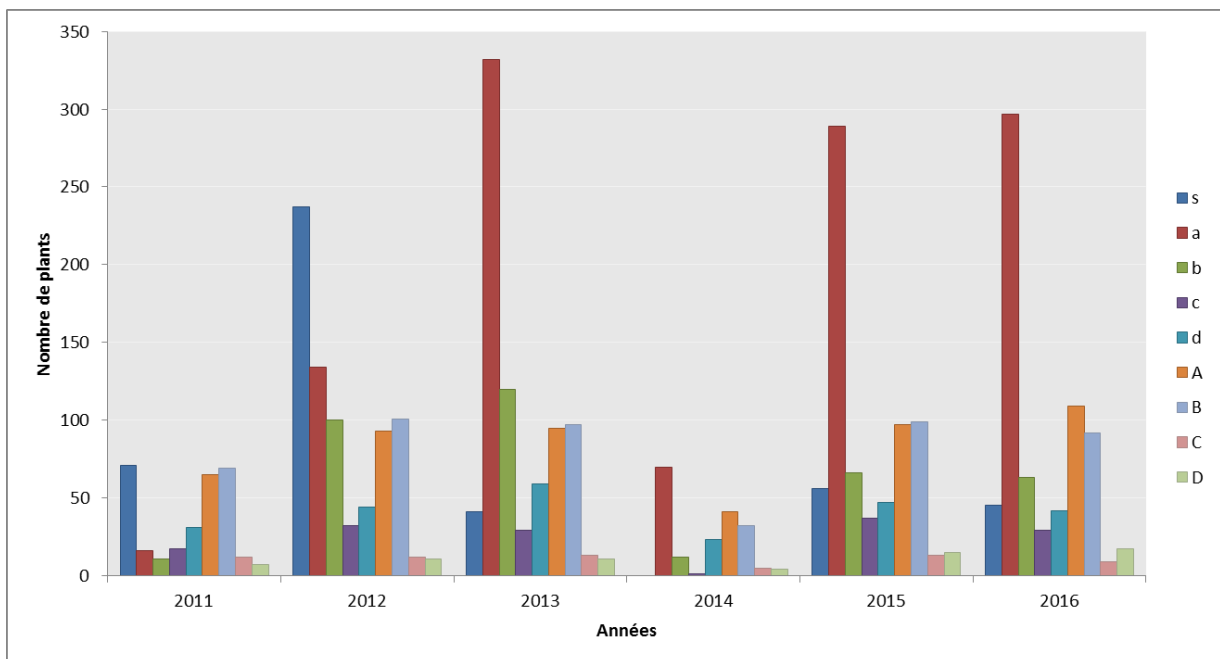
Si l'on compare les différentes années on note une légère différence entre elles. Les années 2011 et 2014 étant atypiques on ne les prendra pas en compte ici. Si l'on compare les années restantes, on ne voit pas de différence majeure mais on observe quand même une légère variabilité de la moyenne qui a tendance à augmenter avec les années. Les valeurs arbitraires choisies ne permettent pas de déterminer précisément la significativité de cette valeur mais elles nous permettent tout de même de repérer un léger vieillissement de la population de gentiane avec le temps.

Figure 2 : Résultat de la commande summary sur R

Stade_2011		Stade_2012		Stade_2013		Stade_2014	
Min.	:1.000	Min.	:1.000	Min.	:1.000	Min.	:2.000
1st Qu.	:2.000	1st Qu.	:1.000	1st Qu.	:2.000	1st Qu.	:2.000
Median	:6.000	Median	:3.000	Median	:3.000	Median	:5.000
Mean	:4.652	Mean	:3.424	Mean	:3.569	Mean	:4.449
3rd Qu.	:7.000	3rd Qu.	:6.000	3rd Qu.	:6.000	3rd Qu.	:6.000
Max.	:9.000	Max.	:9.000	Max.	:9.000	Max.	:9.000
NA's	:585	NA's	:119	NA's	:28	NA's	:690
Stade_2015		Stade_2016					
Min.	:1.000	Min.	:1.000				
1st Qu.	:2.000	1st Qu.	:2.000				
Median	:3.000	Median	:3.000				
Mean	:3.679	Mean	:3.683				
3rd Qu.	:6.000	3rd Qu.	:6.000				
Max.	:9.000	Max.	:9.000				
NA's	:62	NA's	:57				

Afin d'affiner cette tendance nous avons réalisé des histogrammes des individus en fonction de leur stade de développement :

Figure 3 : Nombre de plants par stade en fonction des années



La première chose que l'on peut observer sur ces histogrammes est la quantité importante d'individus de la classe a ou s et la faible proportion de stades b, c et d. Ce résultat met en évidence la forte mortalité des très jeunes plants et donc le faible recrutement de la gentiane jaune.

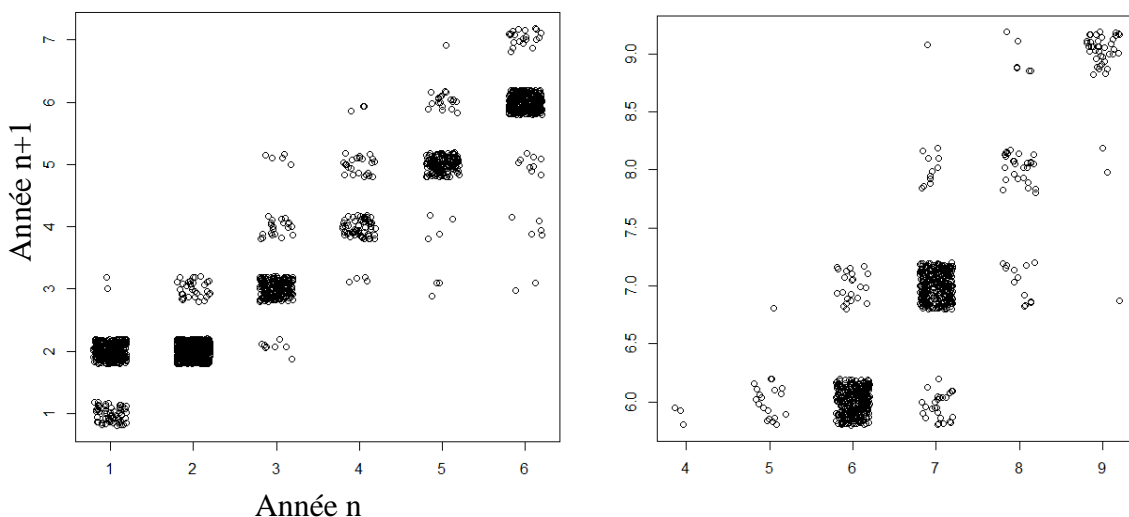
C. Evolution de la population

La seconde question qui se pose est : comment la population de gentiane évolue-t-elle ? A-t-elle plutôt tendance à régresser, à stagner ou bien à croître ?

Afin de caractériser la répartition de la population des individus étudiés nous avons réalisé un nuage de points avec de la dispersion pour observer l'effet de l'évolution de la population d'une année sur l'autre. Le graphique a été construit de la manière suivante : en abscisse on trouve les individus de l'année T et en ordonnée les individus de l'année T+1. Toutes les années sont confondues et ce nuage de point traduit uniquement l'évolution des individus d'une année sur l'autre. On n'observe donc l'effet de l'année précédente sur l'évolution des individus l'année suivante.

La population a été divisée en 2 : d'une part les individus « adultes » du stade A (6) au stade D (7), et d'autre part les individus jeunes du stade a au stade d.

Figure 4 : Répartition des individus en fonction de leur stade à l'année n et n+1



Le second graphique nous montre les individus adultes. La tendance va vers une diminution de la croissance de ces plants adultes avec l'âge. Même si à tous les stades les individus ont plutôt tendance à rester au même stade d'évolution, on peut distinguer une différence dans leur évolution. Les plants plus jeunes auront plutôt tendance à passer au stade supérieur (ex : stade A (6) à B (7)) alors que les plants plus vieux auront plutôt tendance à régresser (ex : C (8) à B (7)). Malgré cela, on reste sur une croissance plutôt lente de la plante et donc un lien très fort entre le stade d'évolution et l'année précédente.

Le premier graphique représente l'évolution des individus plus jeunes. Contrairement aux individus plus vieux, ils ont plutôt tendance à rester au même stade, mais on observe tout de même une tendance importante à la croissance plutôt qu'à la régression.

En résumé, on peut dire que la gentiane jaune a plutôt tendance à croître au fil des années mais sa croissance est plutôt lente puisque la majorité des individus restent au même stade d'une année sur l'autre. Statistiquement, on peut dire que le stade à l'année n+1 est fortement lié au stade à l'année n peu importe les conditions d'étude. Il serait en revanche intéressant de voir si les individus plus atypiques (plants sautant plus d'une classe à l'année, plants

régressant d'une année sur l'autre...) peuvent être caractérisés par des conditions pédoclimatiques spécifiques à une station ou encore si les pratiques peuvent être un élément distinctif de ces cas.

II. Probabilité de passage d'un stade à l'autre

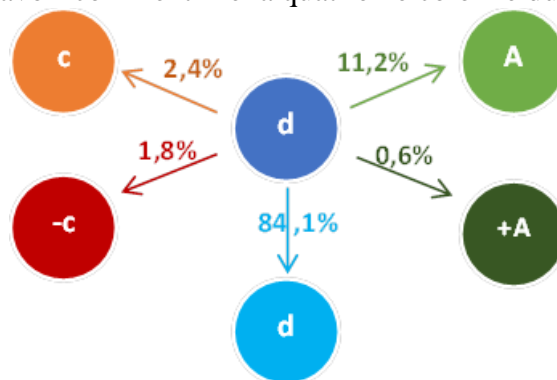
On cherche à mettre en place un schéma lié aux probabilités de passage d'un stade à l'autre pour chacun des stades (indépendamment du fait d'avoir ou non une hampe florale).

Le tableau en annexe 1 a été importé dans une base de données Access. Ensuite, à l'aide de différentes requêtes, il a été simple de connaître les effectifs de passage d'un stade à l'autre (annexe 2), et donc les probabilités. Ces probabilités sont calculées pour le passage d'une année n à $n+1$. L'effet « année » n'est pas pris en compte ici.

Tableau 1 : Tableau des probabilités de passage et du nombre moyen d'années nécessaires pour y parvenir

	a	b	c	d	A	B	C	D
Régresser de plus d'un stade	/	/	0	1,8	2	0	0	2,4
Régresser d'un stade	/	3,3	4,3	2,4	2,6	7,8	28,3	4,8
Conserver le même stade	94,6	85,4	66,3	84,1	88,9	88,3	58,7	92,9
Augmenter d'un stade	5,4	9,3	26,1	11,2	6,4	3,3	13	/
Augmenter de plus d'un stade	0	2	3,3	0,6	0	0,6	/	/
Nombre d'années pour passer au moins un stade	1,00	8,85	3,40	8,47	15,63	25,64	7,69	/
Nombre d'années cumulées	0,00	1,00	9,85	13,25	21,73	37,35	62,99	70,68

Voici un exemple pour savoir comment lire la quatrième colonne du tableau :



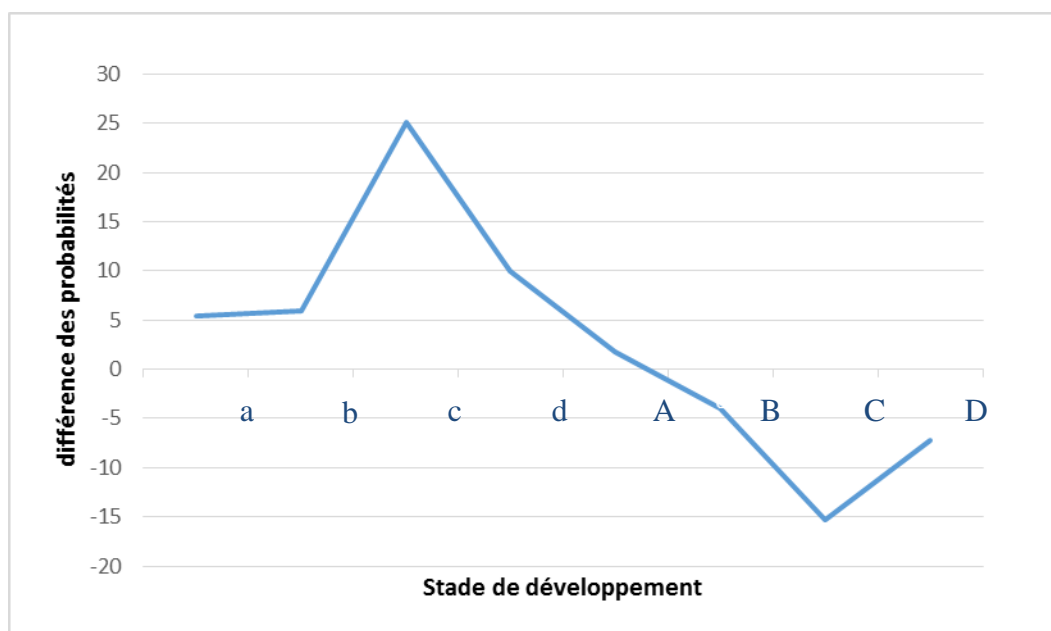
Le tableau nous présente ici les probabilités de passage à chaque stade. Ce tableau précise nos hypothèses précédentes quant à la dynamique de cette population. Comme dit précédemment, on voit que d'une année sur l'autre pour tous les individus à tous les stades les probabilités de rester au même stade sont toujours celles les plus importantes. Cette probabilité n'est en revanche représentative que pour le passage d'une année sur l'autre indépendamment d'autres facteurs. Il serait intéressant de voir les probabilités de passage en prenant en compte l'évolution antérieure de la plante. Cette information confirme la nécessité d'une étude plus longue sur la gentiane, plante à la croissance lente.

Si l'on omet cet aspect de croissance lente, et donc la stagnation des individus au même stade, on peut observer certaines statistiques intéressantes à certains stades. Premièrement on peut

voir une forte probabilité de passage du stade c au stade d. De la même manière une probabilité relativement forte pour le passage de b à c et de d à A. Hormis une capacité de recrutement faible au stade a, la plante a relativement tendance à grandir dans ses stades les plus jeunes. Si l'on compare avec les stades adultes, l'évolution des individus est différente. En effet, on voit par exemple qu'au stade C les individus ont plutôt tendance à régresser au stade B plutôt que d'évoluer vers le stade D. Ce stade est étonnement le stade le moins stable avec seulement 58% de ses individus qui vont rester au même stade.

Afin de caractériser au mieux les probabilités de passage en fonction des stades, et donc de caractériser le cycle de vie de la gentiane jaune nous allons comparer les probabilités de croissance avec les probabilités de régression. Le graphique suivant représente les probabilités de passage à un stade supérieur auxquelles on soustrait les probabilités de régression.

Figure 5 : Graphique de la différence entre la probabilité de passage et la probabilité de régression entre les différents stades de développement

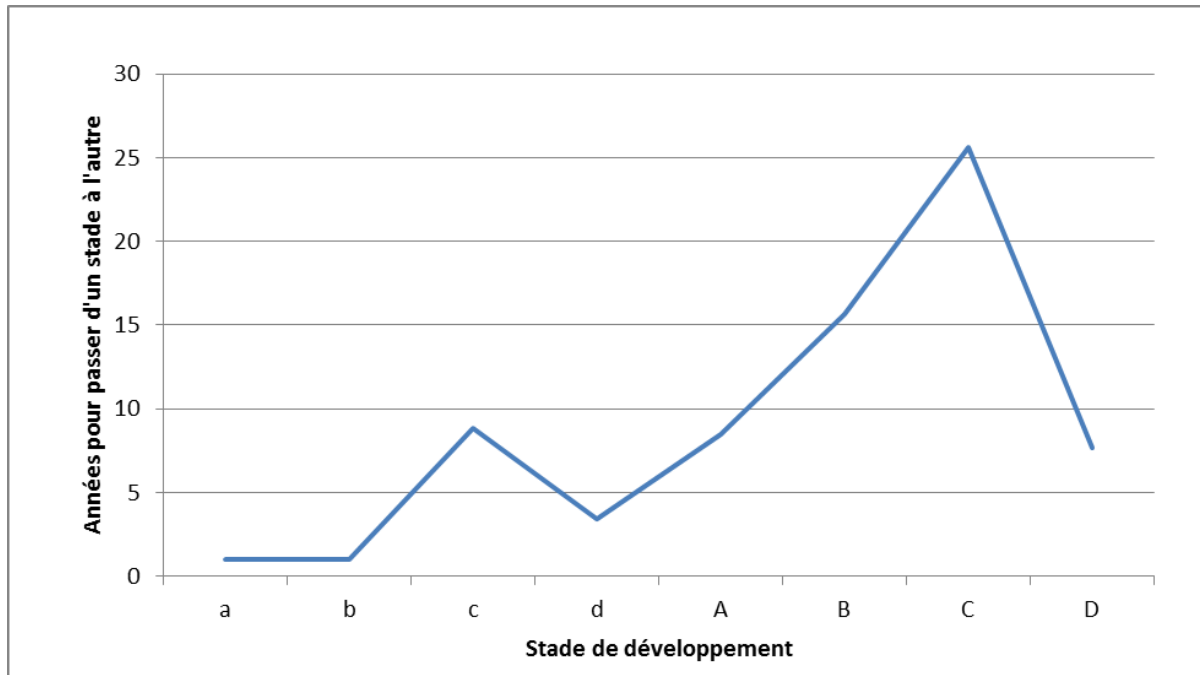


Ce que l'on apprend par ce graphique est la capacité de croissance des individus en fonction des stades. Plus précisément on peut voir la différence entre la croissance et la régression. Cela signifie que lorsque les valeurs sont positives on a une population grandissante, et dans le cas d'une valeur négative on a une population qui régresse. Ici on observe une population grandissante jusqu'au stade A. Ce phénomène s'explique certainement par le besoin de lumière de ces plantes et donc une nécessité de grandir plus vite afin d'être compétitive avec les autres végétaux du milieu. Une fois cette croissance végétative réalisée, on voit nettement une tendance à la régression. Cette tendance indique peut-être l'existence d'un changement de stratégie vers le stade B qui est le premier stade régressant, ou C qui est le stade subissant le plus de régression.

Les deux dernières colonnes représentent une estimation du temps nécessaire à une plante pour passer à un stade supérieur. Cette estimation est obtenue en divisant 1 par la probabilité de passer au stade supérieur + la probabilité de passer plus qu'un stade. On obtiendra alors une estimation du temps nécessaire à la plante pour passer à un stade supérieur. La première colonne a été estimée et non pas calculée. En effet on obtenait un nombre d'années supérieur à 18 et donc un résultat improbable dû à une possible erreur des données écologiques. Cette

estimation a été faite à 1 an pour les raisons suivantes : la première hampe florale a tendance à apparaître entre 8 et 10 ans (Clade et Jollés, 2006). Afin d'obtenir un chiffre correspondant à cette référence nous avons estimé à 1 le nombre d'années nécessaire au passage. Il se peut que ce chiffre soit légèrement plus élevé, mais il pourra être précisé sur une étude plus longue qui amoindrirait les possibles erreurs des données statistiques. Les principales informations que l'on peut faire ressortir de ces chiffres sont que les gentianes jaunes n'atteindraient pas leur premier stade reproductif avant l'âge de 13 ans. Les nombres de la sixième ligne du tableau sont représentés dans le graphique suivant :

Figure 6: Evolution du nombre d'années nécessaires en moyenne pour passer un stade de développement



Durant les stades jeunes, la croissance du plant va ralentir une première fois pour atteindre le stade c. Puis, pendant les stades adultes, le plant va connaître un fort ralentissement de sa croissance jusqu'au stade C. Ce graphique montre bien que la gentiane possède une croissance lente, et un stade un peu particulier semble se détacher : le passage de B à C. La reproduction en est peut être la cause, c'est ce que nous allons aborder par la suite.

Ces différentes informations nous permettent de formuler deux autres hypothèses en mettant en relation la croissance des populations et la présence ou non de hampes florales. La première hypothèse est la suivante :

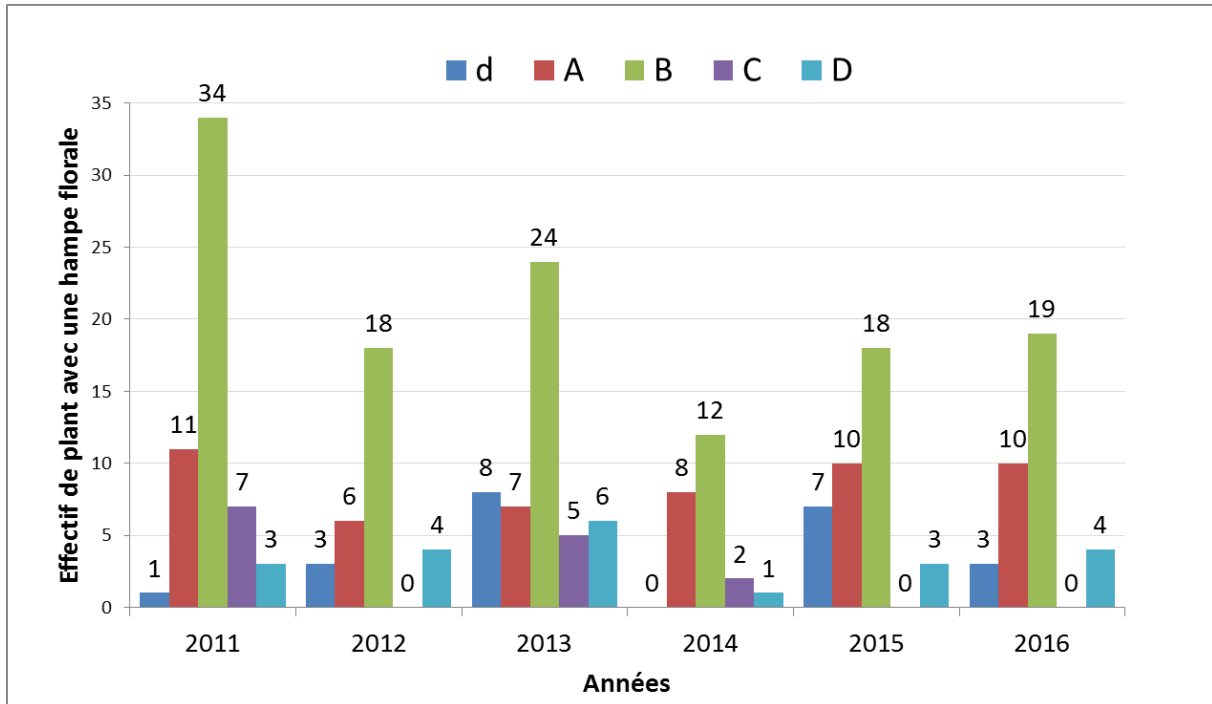
Il existe chez la gentiane un stade limite (B ou C) de croissance où la plante privilégiera ses fonctions de reproduction à sa croissance végétative.

A ce stade limite on observera une régression plus importante des plante possédant une hampe florale, cette dernière ayant accompli son rôle de reproduction. Cette régression pourrait s'expliquer par une fragmentation du rhizome (comme dans le cas de la renoué du japon par exemple).

III. Caractéristiques des hampes florales et leur impact sur la croissance

A. Stade d'apparition des hampes florales et représentation dans la population

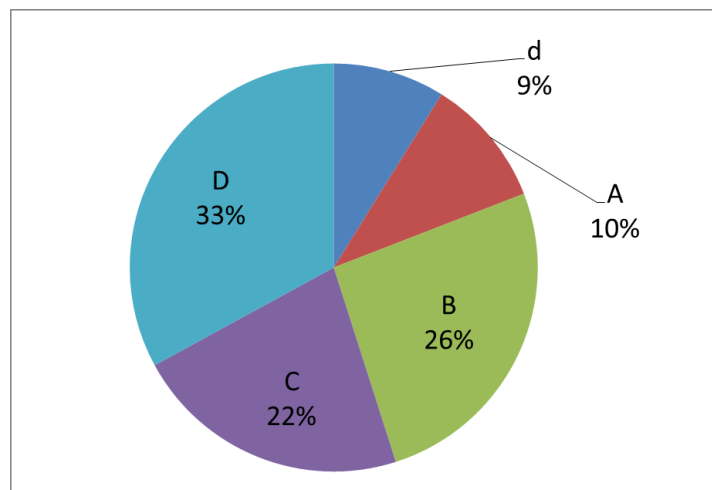
Figure 7 : Nombre de plants avec une hampe florale selon les stades de développement



On constate un pic de hampes florales au stade 7, alors qu'au stade 5, elles sont quasiment inexistantes quelles que soient les années. Si l'on ne prend pas en compte les années 2011 et 2014, il semble que les effectifs de plants ayant une hampe florale au stade B soient relativement stables. Le stade C quant à lui n'est pas représenté en 2012, ni en 2015, ni en 2016. Ce stade semble donc dans un premier temps, assez incompatible avec une hampe florale.

Le graphique suivant représente cette fois la proportion de plants ayant une hampe florale :

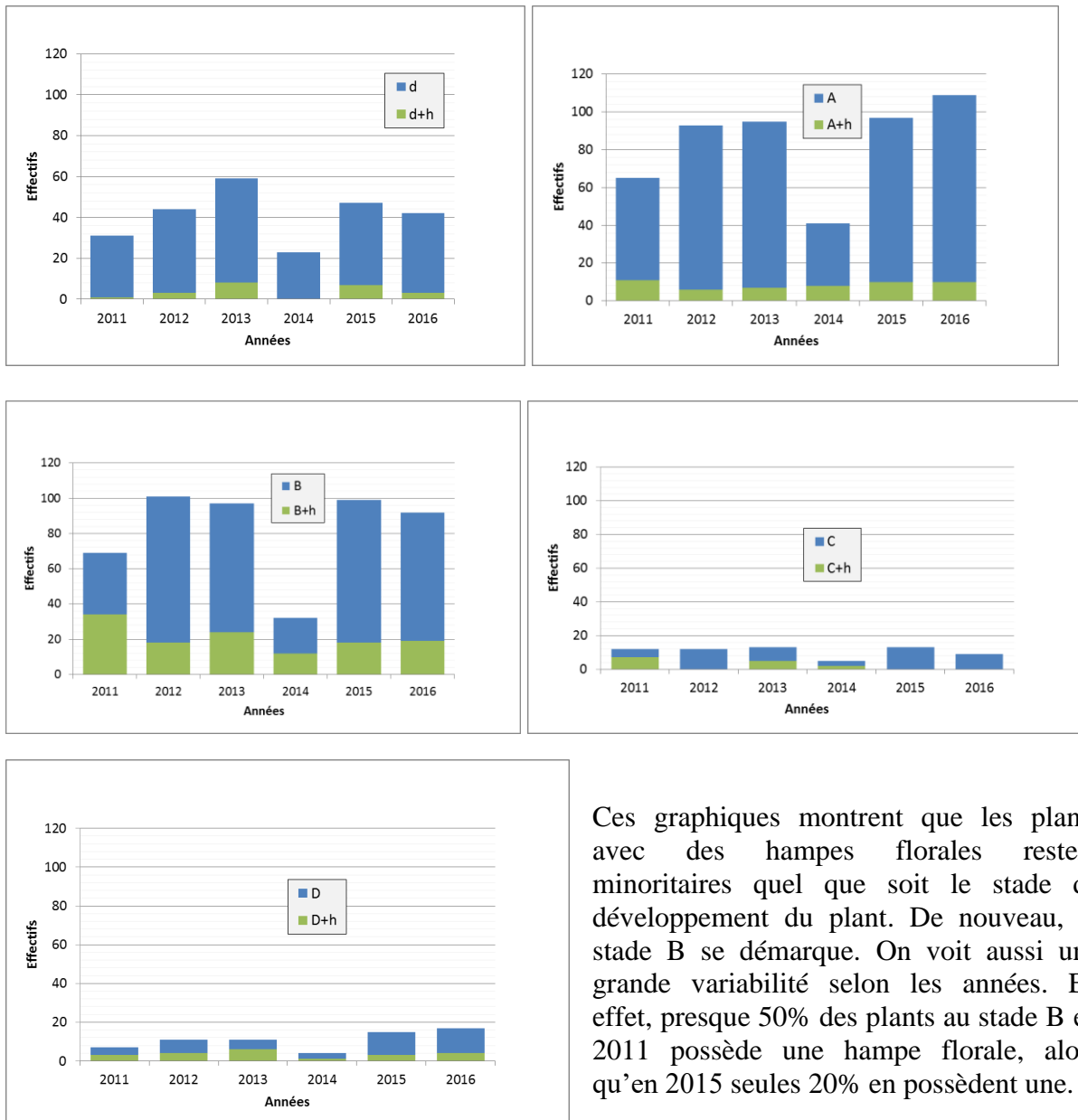
Figure 8 : Proportion des plantes ayant une hampe florale selon les stades de développement



Pour les stades d et A, environ 10% des plants portent une hampe florale. Puis le taux passe de plus de 20% pour les stades B et C, et enfin atteint un tiers pour le stade D. Le premier constat est que plus la plante gagne en stade, plus elle a de chances de développer une hampe florale.

Ensuite, contrairement à ce qui a été dit dans le paragraphe précédent, le stade C ne paraît pas incompatible au développement d'une hampe florale puisque 22% des plants en possède une. Cependant, les effectifs de ce stade restent très faibles (une dizaine d'individus par an sur l'ensemble des stations), les résultats sont donc à nuancer.

Figure 9 : Répartition des plants avec et sans hampe florale en fonction des années selon différents stades



Ces graphiques montrent que les plants avec des hampes florales restent minoritaires quel que soit le stade de développement du plant. De nouveau, le stade B se démarque. On voit aussi une grande variabilité selon les années. En effet, presque 50% des plants au stade B en 2011 possède une hampe florale, alors qu'en 2015 seules 20% en possèdent une.

En résumé, les derniers graphiques nous ont permis de mettre en évidence :

- Qu'il existe une variabilité de la proportion de plants ayant une hampe florale par stade selon les années
- Que les effectifs de plants ayant une hampe florale sont les plus importants au stade B.
- Que la proportion de plants ayant une hampe florale augmente avec les stades.

B. Impact de la présence d'une hampe florale sur la croissance

Le but ici est de voir si la présence de hampe florale induit une croissance particulière : est-ce qu'après émission d'une hampe florale le rhizome dégénère et conduit la plante à régresser d'un stade ? Quelles sont les probabilités d'avoir une hampe florale ?

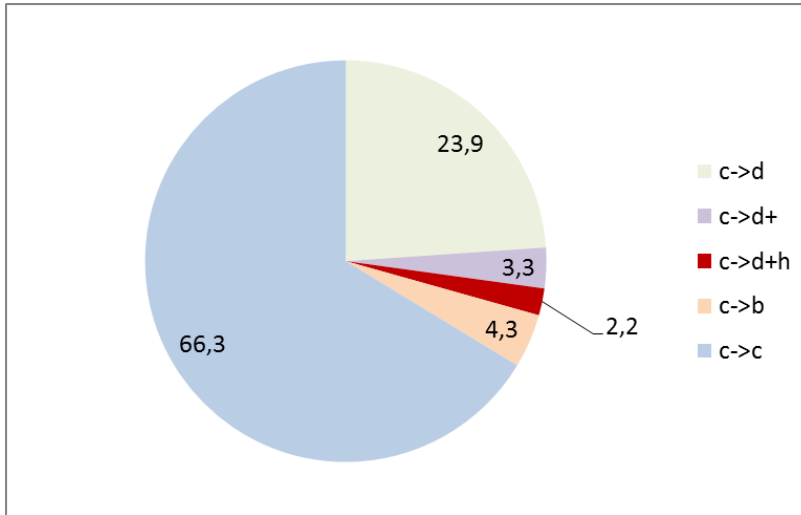
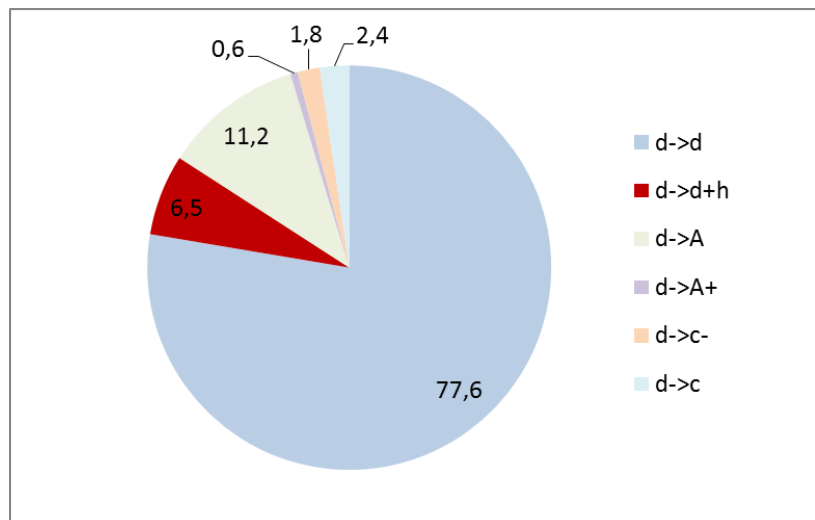


Figure 10 : Probabilités pour un plant au stade c de changer de stade l'année suivante

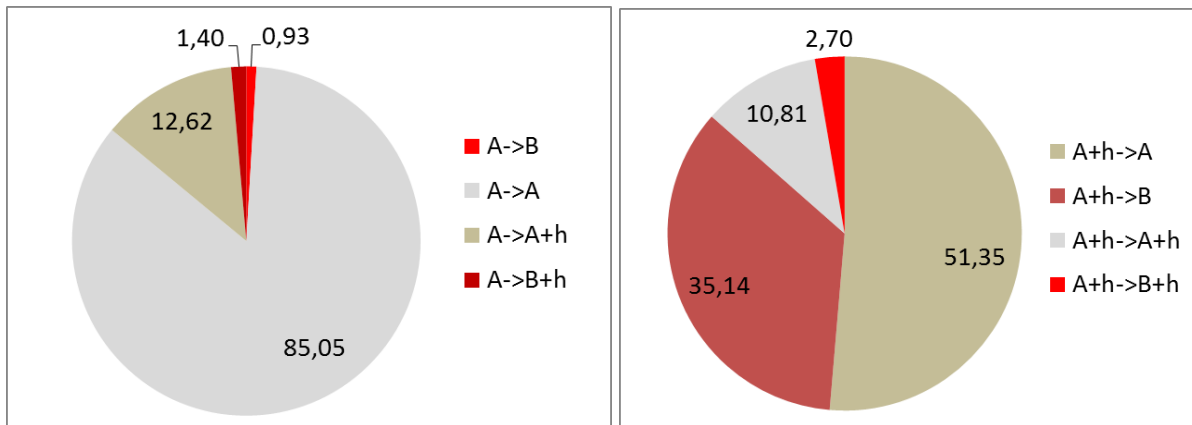
Figure 11 : Probabilités pour un plant au stade d de changer de stade l'année suivante



La figure 10 montre que seule 2,2% des plants au stade c une année auront une hampe florale l'année suivante. Lorsqu'on démarre du stade d, le pourcentage est déjà plus important : 6,5% des plants auront une hampe florale l'année suivante. De plus, dans ce cas le plant reste au même stade. Peut-être que l'énergie dépensée pour la floraison l'empêche de se développer. Mais globalement, la proportion de plants qui passent à la reproduction est assez faible. Voyons à présent ce qu'il en est pour les autres stades.

Les graphiques suivants mettent en avant soit la proportion de d'individus qui ont augmenté d'un stade avec et sans hampe florale, soit la proportion d'individus qui ont diminué d'un stade avec et sans hampe florale. Le but étant de voir s'il y a des différences de croissance si le plant possède ou non une hampe florale.

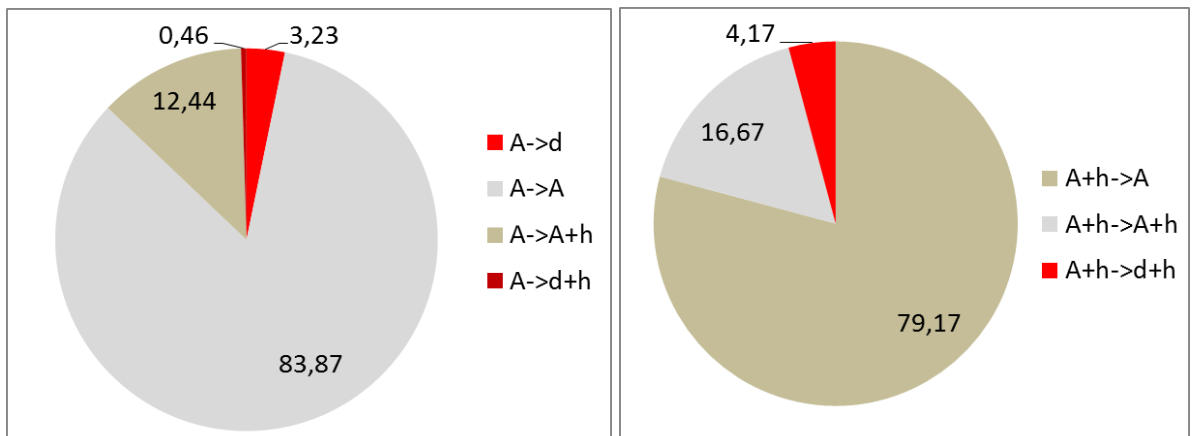
Figure 12 : Proportion d'individus au stade A qui augmentent d'un stade ou stagnent en fonction de la présence d'une hampe florale



Sur le premier graphique, on observe pour le stade A que cette fois 12,62% des individus restent au même stade et développent une hampe florale. Une infime partie, 1,4%, développe une hampe florale et passe en même temps au stade B. Mais la grande majorité reste au même stade : 85%.

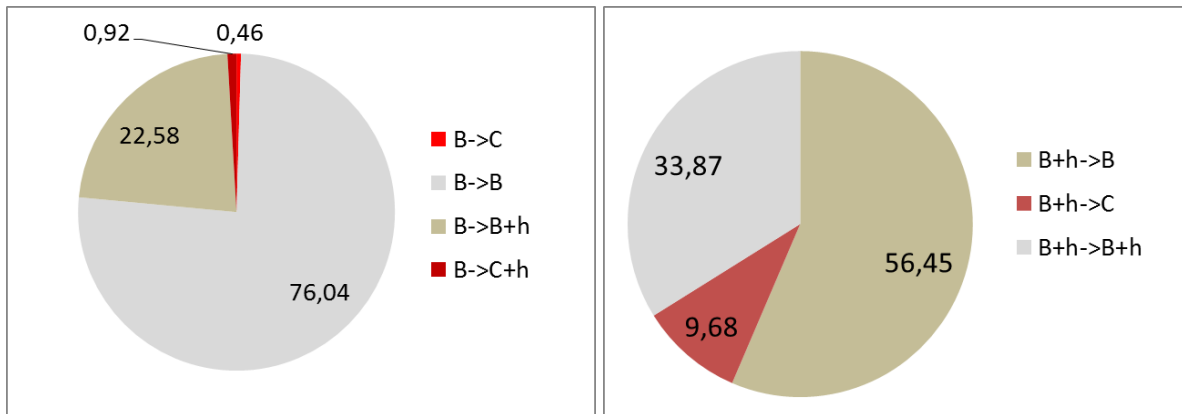
Sur le second graphique, on constate que bien que le plant possède une hampe florale l'année n, cela ne le dérange pas pour augmenter d'un stade l'année suivante. En effet, presque 38% passent à un stade B ou B+h. Il semble donc que la hampe florale ne gêne pas la croissance de la plante l'année suivante. Mais plus d'un tiers des plants perdent la hampe florale l'année suivante lorsqu'ils augmentent d'un stade. La hampe florale ne semble donc pas se maintenir dans le temps.

Figure 13 : Proportion d'individus au stade A qui diminuent d'un stade ou stagnent en fonction de la présence d'une hampe florale



Sur ces deux figures, on constate que la régression est similaire, qu'il y ait présence d'une hampe florale (4,17%) ou pas (3,23%). La présence d'une hampe florale ne semble donc pas entraîner une régression plus importante. Voyons si ces premières conclusions se vérifient pour un autre stade.

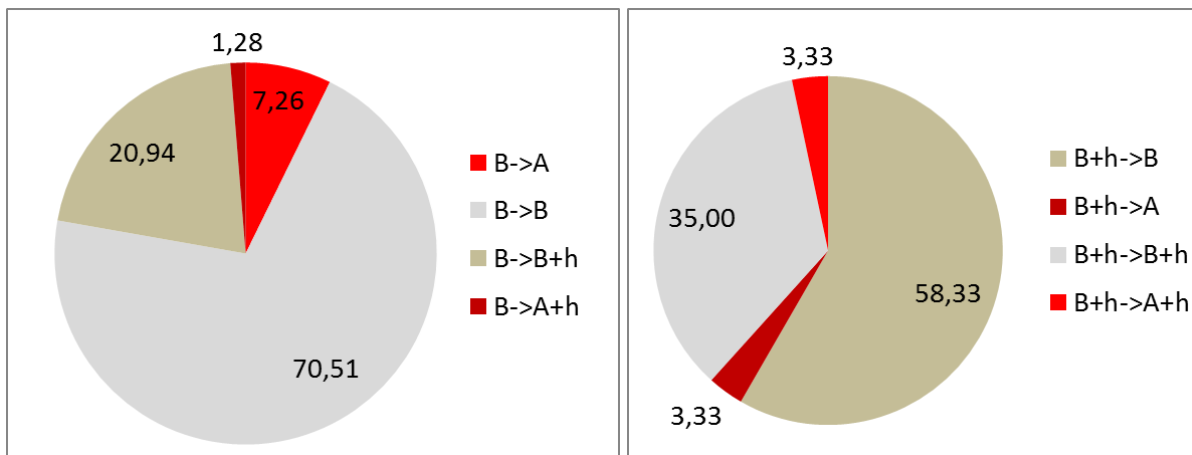
Figure 14 : Proportion d'individus au stade B qui augmentent d'un stade ou stagnent en fonction de la présence d'une hampe florale



Sur la première figure, on constate que 22,58% des plants au stade B vont obtenir une hampe florale. Ce pourcentage est presque deux fois plus important que pour le stade précédent. Il semble donc bien que plus le stade augmente et plus il y a de chances que les plants développent une hampe florale. Cependant, très peu des plants augmentent d'un stade.

Sur le second graphique, presque 10% des plants passent du stade B+h au stade C. La hampe florale n'empêche donc pas le plant de croître, on constate en effet plutôt l'effet inverse. Et alors qu'au stade A 10% des plants conservaient le même stade avec une hampe florale, 56,45% le sont ici. Le stade B+h semble donc plus stable que le stade A.

Figure 15 : Proportion d'individus au stade B qui diminuent d'un stade ou stagnent en fonction de la présence d'une hampe florale



De même, on regarde pour le stade B les probabilités de régression. Sans hampe florale, les probabilités de régresser sont de 8,54% alors qu'avec une hampe florale, elles sont de 6,66%. Le fait d'avoir une hampe florale ne fait donc pas régresser le plant d'un stade.

Pour résumer, cette partie a mis en évidence :

- Que la probabilité d'obtenir une hampe florale augmente avec le stade
- Que le fait d'avoir une hampe florale favorise le passage d'un stade mais n'augmente pas la régression.
- Que le stade B+h est très stable.

Conclusion

Ces analyses statistiques nous ont permis de confirmer et d'infirmier plusieurs hypothèses. Premièrement on peut dire que la gentiane est une plante à croissance lente. Elle possède un recrutement assez faible dans ces premiers stades de développement et les probabilités de grandir d'une année sur l'autre sont assez faibles. Sur le long terme, on observe tout de même une population grandissante avec un nombre important d'individus adultes (A, B).

Lorsqu'on observe les capacités de reproduction de la plante, on voit que cette dernière a besoin d'environ 13 ans afin de pouvoir arriver au stade d et donc possiblement de pouvoir se reproduire. Grâce à l'étude croisée de l'évolution de la population et de l'observation de la présence ou non de hampes florales, on a aussi mis en évidence la présence d'un « stade limite ». Ce stade limite représente le stade où la plante va changer de stratégie et mettre en parallèle reproduction et croissance. Ce stade mis en évidence est le stade B. Afin de manager la ressource il faudrait donc attendre environ 37 ans pour permettre à la plante d'atteindre ce stade et donc de pouvoir se reproduire efficacement.

Cette étude est purement statistique et nécessiterait des approfondissements afin de confirmer les tests réalisés. Une étude sur un temps plus long permettrait d'affiner les résultats et d'éliminer certaines erreurs possibles liées à la variabilité des données écologiques.

Bibliographie

CLADE J-L., JOLLES CH. *La gentiane, l'aventure de la fée jaune*. Ed Cabédita. Divonne les Bains : avril 2006. 179 p. Col. Archives vivantes

Flahaut, S. (2006). *Une Gentiane en culture bio dans le Massif Central*.

Fournier, P. (1948). *Le grand livre des plantes médicinales et vénéreuses de France*.

Annexes

Annexe1 : Evolution spécifique de chaque individu de 2011 à 2016 (exemple des 38 premières lignes)

Individu	Stade_2011	Stade_2012	Stade_2013	Stade_2014	Stade_2015	Stade_2016
21014		2				
21015		2				
21016		2				
21017		2				
21018		2				
21038		6	6		6	6
21041		6	6		6	6
21042		2	2		3	3
21043		2	2		3	3
21044		4	4		6	3
21050			3			
21051			3			
21052			3			
21053			3			
21054			3			
21055			3			
21056			3			
21057			3			
21058			3			
21059			3			
21060			3			
21061			3			
21062			3			
21063			3			
21064			3			
21065			3			
21066			3			
21067			3			
21068			3			
21069			3			
21080			2			
21081			2			
21082			2			
21083			2			
21084			2			
22001		6				
22002		3	3		3	3
22003		3	3		3	3

Annexe 2 : Tableau des effectifs pour les probabilités de passage d'une classe à l'autre.

	1->2	1->1	1->2+
2011-2012	71	Impossible	0
2012-2013	214	Impossible	2
2013-2014	0	Impossible	0
2014-2015	0	Impossible	0
2015-2016	18	Impossible	0
Somme par stade	303		2
TOTAL	305		
% par stade	99,3		0,7

	2->1	2->3	2->2	2->3+
2011-2012	Impossible	5	11	0
2012-2013	Impossible	5	124	0
2013-2014	Impossible	10	70	0
2014-2015	Impossible	2	68	0
2015-2016	Impossible	12	319	0
Somme par stade		34	592	0
TOTAL	626			
% par stade		5,4	94,6	0

	3->2	3->2-	3->3	3->4	3->4+
2011-2012	0	Impossible	4	6	1
2012-2013	1	Impossible	83	12	4
2013-2014	0	Impossible	6	0	0
2014-2015	0	Impossible	13	3	0
2015-2016	7	Impossible	104	2	0
Somme par stade	8	0	210	23	5
TOTAL	246				
% par stade	3,3	0,0	85,4	9,3	2,0

	4->3-	4->3	4->4	4->5	4->5+
2011-2012	0	0	9	8	0
2012-2013	0	1	18	12	1
2013-2014	0	0	2	0	0
2014-2015	0	0	1	1	0
2015-2016	0	3	31	3	2
Somme par stade	0	4	61	24	3
TOTAL	92				
% par stade	0,0	4,3	66,3	26,1	3,3

	5->4-	5->4	5->5	5->6	5->6+
2011-2012	3	1	25	1	0
2012-2013	0	1	36	5	0
2013-2014	0	0	20	4	1
2014-2015	0	1	22	0	0
2015-2016	0	1	40	9	0
Somme par stade	3	4	143	19	1
TOTAL	170				
% par stade	1,8	2,4	84,1	11,2	0,6

	6->5-	6->5	6->6	6->7	6->7+
2011-2012	3	1	54	7	0
2012-2013	1	4	82	6	0
2013-2014	0	1	37	2	0
2014-2015	0	0	38	4	0
2015-2016	3	3	94	3	0
Somme par stade	7	9	305	22	0
TOTAL	343				
% par stade	2,0	2,6	88,9	6,4	0,0

	7->6-	7->6	7->7	7->8	7->8+
2011-2012	0	3	62	2	1
2012-2013	0	9	88	4	0
2013-2014	0	1	27	2	0
2014-2015	0	1	30	1	1
2015-2016	0	12	86	2	0
Somme par stade	0	26	293	11	2
TOTAL	332				
% par stade	0,0	7,8	88,3	3,3	0,6

19 Comment se caractérise la dynamique de population de la gentiane jaune en Auvergne ?

	8->7-	8->7	8->8	8->9
2011-2012	0	5	5	2
2012-2013	0	2	9	1
2013-2014	0	2	2	0
2014-2015	0	1	4	0
2015-2016	0	3	7	3
Somme par stade	0	13	27	6
TOTAL	46			
% par stade	0,0	28,3	58,7	13,0

	9->8-	9->8	9->9
2011-2012	0	0	7
2012-2013	1	0	10
2013-2014	0	1	4
2014-2015	0	0	4
2015-2016	0	1	14
Somme par stade	1	2	39
TOTAL	42		
% par stade	2,4	4,8	92,9