



TC/50/22

ORIGINAL : anglais

DATE : 30 janvier 2014

# UNION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DES OBTENTIONS VÉGÉTALES

Genève

## COMITE TECHNIQUE

**Cinquantième session  
Genève, 7 – 9 avril 2014**

REVISION DU DOCUMENT TGP/8 : DEUXIEME PARTIE : QUELQUES TECHNIQUES UTILISEES DANS L'EXAMEN DHS, SECTION 9 : ANALYSE GLOBALE DE L'HOMOGENEITE SUR PLUSIEURS ANNEES (METHODE D'ANALYSE COYU)

*Document établi par le Bureau de l'Union*

*Avertissement : le présent document ne représente pas les principes ou orientations de l'UPOV*

1. L'objet du présent document est de faire rapport sur l'évolution des travaux concernant la méthode de calcul de la COYU.

2. Les abréviations ci-après sont utilisées dans le présent document :

TC : Comité technique  
 TC-EDC : Comité de rédaction élargi  
 TWA : Groupe de travail technique sur les plantes agricoles  
 TWC : Groupe de travail technique sur les systèmes d'automatisation et les programmes d'ordinateur  
 TWF : Groupe de travail technique sur les plantes fruitières  
 TWO : Groupe de travail technique sur les plantes ornementales et les arbres forestiers  
 TWP : Groupes de travail techniques  
 TWV : Groupe de travail technique sur les plantes potagères

### INFORMATIONS GÉNÉRALES

3. À sa vingt-sixième session tenue à Jeju (République de Corée) du 2 au 5 septembre 2008, le TWC a examiné le document TWC/26/17 "Quelques conséquences de la réduction du nombre de plantes observées lors de l'évaluation des caractères quantitatifs des variétés de référence" et un exposé présenté par M. Kristian Kristensen (Danemark), qui est reproduit dans le document TWC/26/17 Add.

4. En ce qui concerne la méthode de calcul actuelle de l'analyse globale de l'homogénéité sur plusieurs années (méthode d'analyse COYU), le document TWC/26/17 indique ce qui suit :

#### "Conclusions

"18. On peut conclure de ce qui précède que les variances calculées selon le système actuel ne rendent pas compte de la valeur prévue de la variance réelle car elles sont trop faibles, en partie parce que la valeur prévue du carré moyen résiduel issu de l'analyse de la variance est inférieure à la valeur prévue de  $\text{Var}(Y_v)$  et en partie parce que seul le nombre de variétés utilisées dans l'ajustement local influence cette variance (et non pas le nombre total de variétés de référence). Cependant, la méthode actuelle corrige probablement cette erreur systématique au moyen d'une valeur de  $t$  élevée (au moyen d'une faible valeur de  $\alpha$ ). On peut également conclure que le carré moyen résiduel peut dépendre en grande partie

du nombre d'observations enregistrées car la composante du carré moyen résiduel qui dépend du nombre d'observations (degrés de liberté) n'était pas négligeable."

5. Face aux erreurs systématiques dues à la méthode actuelle de calcul de la COYU, le TWC a pris note des mesures éventuelles ci-après, recensées et commentées par M. Kristensen :

- i) ignorer ces erreurs systématiques  
(commentaire : l'évaluation sera très probablement imprécise);
- ii) corriger uniquement les erreurs systématiques introduites par les échantillons de petite taille  
(commentaire : l'évaluation sera imprécise mais comparable aux évaluations antérieures);
- ii) corriger uniquement l'erreur systématique actuelle  
(commentaire : l'évaluation sera prudente mais ne sera pas comparable aux évaluations antérieures);
- iv) corriger toutes les erreurs systématiques  
(commentaire : il n'y aura pas d'erreur systématique mais les évaluations ne seront pas comparables aux évaluations antérieures).

6. Le TWC est convenu que le Danemark et le Royaume-Uni élaboreraient un nouveau document contenant une simulation qui ferait appel à la méthode de la spline lissante. Il a été signalé que cela donnerait aussi aux experts davantage de temps pour réfléchir à la situation et aux moyens éventuels de progresser dans l'examen de la question.

7. À sa quarante-cinquième session tenue à Genève du 30 mars au 1<sup>er</sup> avril 2009, le TC a demandé au TWC de formuler des recommandations à son intention en ce qui concerne les propositions énoncées au paragraphe 4 du présent document.

8. Il est rendu compte de l'évolution des travaux entre 2009 et 2012 dans les paragraphes 6 à 17 du document TC/49/11 intitulé "Méthode de calcul de la COYU" (disponible à l'adresse : [http://upov.int/meetings/fr/details.jsp?meeting\\_id=28343](http://upov.int/meetings/fr/details.jsp?meeting_id=28343)).

#### FAITS NOUVEAUX SURVENUS EN 2013

9. À sa quarante-neuvième session tenue à Genève du 18 au 20 mars 2013, le Comité technique est convenu de demander au TWC de poursuivre ses travaux en vue d'élaborer des recommandations à son intention concernant les propositions destinées à remédier aux erreurs systématiques dues à la méthode actuelle de calcul de la COYU et a noté qu'un document sur des propositions éventuelles d'amélioration de la COYU serait établi pour la session du TWC en 2013 (voir le paragraphe 113 du document TC/49/41 "Compte rendu des conclusions").

10. À leurs sessions de 2013, le TWO, le TWF, le TWV et le TWA ont examiné les documents TWO/46/15, TWF/44/15, TWV/47/15 et TWA/42/15, respectivement.

11. Le TWO, le TWF, le TWV et le TWA ont indiqué :

a) que le TC avait demandé au TWC de poursuivre ses travaux en vue d'élaborer à son intention des recommandations concernant les propositions destinées à éviter les erreurs systématiques dues à la méthode actuelle de calcul de la COYU; et

b) qu'un document sur des propositions éventuelles d'amélioration de la méthode d'analyse COYU serait établi pour la session de 2013 du TWC (voir le paragraphe 34 du document TWO/46/29 "Report", le paragraphe 37 du document TWF/44/31 "Report", le paragraphe 37 du document TWV/47/34 "Report" et le paragraphe 37 du document TWA/42/31 "Report", respectivement).

12. À sa trente et unième session tenue à Séoul du 4 au 7 juin 2013, le TWC a examiné le document TWC/31/15 Corr. contenant les propositions d'amélioration de la méthode d'analyse COYU établies par des experts du Royaume-Uni et du Danemark, qui figure à l'annexe I du présent document, et a pris connaissance d'un exposé d'un expert du Royaume-Uni, qui figure dans le document TWC/31/15 Add. et qui fait l'objet de l'annexe II du présent document.

13. Le TWC a indiqué que la méthode actuelle de calcul de la COYU était trop stricte en raison de la méthode de lissage utilisée et que des niveaux de probabilité très faibles étaient utilisés à des fins de compensation (par exemple,  $p=0,1\%$ ). Le TWC est convenu qu'il serait possible de remédier aux erreurs systématiques de la méthode actuelle de calcul de la COYU en passant de la méthode de lissage de la "moyenne mobile" à la méthode de la "spline cubique" (voir le paragraphe 91 du document TWC/31/32 "Report").
14. Le TWC s'est félicité de l'offre des experts du Royaume-Uni visant à concevoir en FORTRAN des logiciels pour la méthode proposée de calcul de la COYU en vue d'une intégration dans le logiciel DUST et à présenter à la trente-deuxième session du TWC une version de démonstration du logiciel DUST utilisant la méthode d'analyse COYU proposée (voir le paragraphe 92 du document TWC/31/32 "Report").
15. Le TWC est convenu que les niveaux de probabilité à utiliser dans la méthode d'analyse COYU proposée devaient être examinés sur la base de l'expérience des membres de l'UPOV en matière d'utilisation de la méthode proposée (voir le paragraphe 93 du document TWC/31/32 "Report").
16. Le TWC est convenu qu'une circulaire devrait être élaborée par un expert du Royaume-Uni et distribuée par le Bureau de l'Union aux représentants du TC afin de déterminer quels membres de l'Union ont utilisé la méthode d'analyse COYU actuelle et dans quel logiciel elle a été utilisée (voir le paragraphe 94 du document TWC/31/32 "Report").
17. Le TWC est convenu que le document contenant la proposition d'amélioration de la méthode d'analyse COYU devrait être résumé par un expert du Royaume-Uni et présenté au TC à sa cinquantième session et aux sessions des groupes de travail techniques qui se tiendront en 2014. Ce document doit expliquer les erreurs systématiques de la méthode actuelle ayant motivé les modifications proposées (voir le paragraphe 95 du document TWC/31/32 "Report").
18. Le TWC est convenu que des orientations doivent être élaborées en ce qui concerne le nombre minimal de variétés qui conviendrait à l'utilisation de la méthode d'analyse COYU (voir le paragraphe 96 du document TWC/31/32 "Report").
19. Le TWA a appuyé la poursuite des travaux du TWC en vue d'améliorer la méthode d'analyse COYU et a indiqué que le TWC fournirait des informations sur les modifications proposées de la méthode d'analyse COYU et les conséquences possibles en matière d'examen DHS (voir le paragraphe 38 du document TWA/42/31 "Report").

#### ENQUETE SUR L'UTILISATION DE LA METHODE D'ANALYSE COYU

20. Le 4 novembre 2013, le Bureau de l'Union a diffusé la circulaire E\_13/268 auprès des personnes désignées des membres de l'Union au sein du TC, les invitant à donner des informations sur l'utilisation de la méthode actuelle d'analyse COYU et sur le logiciel utilisé à cet effet.
21. L'annexe III du présent document contient le questionnaire et les résultats de l'enquête.
22. Un aperçu des propositions d'amélioration de la méthode COYU, qui servira de base à un exposé que présentera un expert du Royaume-Uni au TC, fait l'objet de l'annexe IV du présent document.

#### 23. *Le TC est invité*

*a) à prendre note de l'évolution des travaux concernant les propositions visant à remédier aux erreurs systématiques dues à la méthode actuelle de calcul de la COYU, comme indiqué aux paragraphes 8 à 21 du présent document, et*

*b) à examiner l'aperçu faisant l'objet de l'annexe IV et l'exposé sur les propositions d'amélioration de la méthode COYU qui sera présenté au TC, à sa cinquantième session, comme indiqué au paragraphe 22 du présent document.*

[Les annexes suivent]

## PROPOSITIONS D'AMÉLIORATION DE LA MÉTHODE D'ANALYSE COYU

*Document établi par des experts du Royaume-Uni et du Danemark  
et présenté à la trente et unième session du TWC, tenue à Séoul, du 4 au 7 juin 2013*

Introduction

Nous faisons rapport sur l'état d'avancement de la mise au point d'une version améliorée de la méthode d'analyse COYU. En particulier, nous avons étudié la performance et l'aspect pratique d'une méthode faisant appel à des splines lissantes cubiques.

La procédure COYU actuelle est décrite au point 9 de la deuxième partie du document TGP/8/1. En bref, elle compare l'homogénéité des variétés candidates à celle des variétés de référence. L'homogénéité est représentée par l'écart type des mesures effectuées sur des plantes individuelles dans une parcelle. Les écarts types sont transformés au moyen de logarithmes naturels après l'ajout de 1. Il y a souvent une relation entre la variabilité de la mesure et le niveau d'expression du caractère. La méthode d'analyse COYU utilise la méthode de la moyenne mobile afin d'estimer et de corriger toute relation de ce type. Comme il ressort des documents précédents décrits ci-dessus, cette méthode de correction produit une erreur systématique inhérente au seuil de la méthode COYU; dans la pratique, cette erreur est compensée par l'utilisation de valeurs de  $p$  inférieures aux valeurs habituelles.

Dans les documents antérieurs, nous avons examiné différentes méthodes de correction de la relation entre variabilité et niveau d'expression, notamment la régression linéaire, la régression quadratique et les splines lissantes. Dans le document TWC/29/22, nous avons montré que les splines lissantes obtenaient de meilleurs résultats lorsqu'il s'agissait d'ajuster des données réelles. La méthode des splines cubiques ajustait des données au moins aussi efficacement que ces méthodes sans être aussi sensible aux observations inhabituelles.

Dans les travaux antérieurs, nous avons indiqué qu'il était préférable de calculer des valeurs seuils COYU individuelles pour chaque candidat. La raison en est que, quelle que soit la méthode de correction, l'ajustement de la courbe inspire davantage confiance pour les variétés présentant des niveaux d'expression moyens que pour celles qui présentent des niveaux plus extrêmes. Nous avons précédemment constaté que l'utilisation d'un seul seuil pour l'ensemble des candidats tend à aboutir au rejet d'un nombre de variétés plus grand que prévu avec un niveau de probabilité donné, notamment lorsque les variétés de référence sont peu nombreuses.

Par conséquent, nous avons poursuivi dans l'idée de remplacer la correction de la moyenne mobile dans la méthode COYU par une correction basée sur une spline cubique. Nous avons mis en œuvre une méthode COYU révisée dans R (un logiciel de programmation statistique puissant et gratuit) et nous l'avons testée à l'aide d'ensembles de données simulées et réelles. Nous avons ensuite examiné les questions relatives la mise en œuvre, en prenant d'abord en considération les logiciels et les niveaux de probabilité.

Qu'est-ce que le lissage?

Le lissage est une procédure couramment utilisée pour ajuster une relation lorsque la forme de la relation est inconnue ainsi que l'illustre la figure 1.

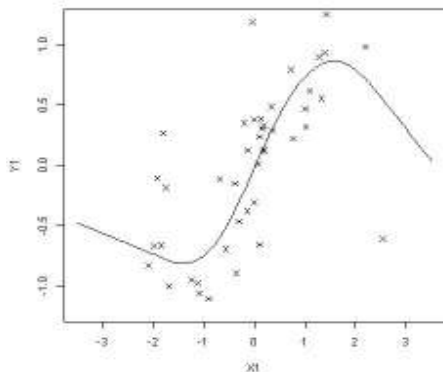


Figure 1 : Exemple d'une spline cubique (présentant quatre degrés de liberté) ajustée à des données simulées. Les observations sont représentées par le "x" et l'ajustement par la ligne.

Il existe de nombreuses méthodes de lissage, y compris la méthode de moyenne mobile utilisée dans l'actuelle méthode d'analyse COYU. Alors que dans le cas de la régression linéaire ou quadratique, une forme particulière de courbe est ajustée à toute la série de données, dans une méthode de lissage l'ajustement à certain point dépend davantage des observations situées autour de ce point. D'habitude, le degré de lissage peut être commandé à l'aide d'un paramètre. Notons que les ajustements les plus fins se font à l'aide d'un nombre réduit de degrés de liberté.

Les méthodes de lissage sont décrites en détail dans plusieurs manuels, notamment Hastie et Tibshirani (1990) et Hastie *et al.* (2001).

#### Pourquoi des splines cubiques?

Comme indiqué ci-dessus, il existe de nombreuses méthodes de lissage. Une de celles qui sont couramment utilisées est la méthode dite de la spline cubique. Elle est décrite au paragraphe 5.4 de Hastie *et al.* (2001). Étant donné que sa dérivation est purement mathématique, nous n'allons pas la reproduire ici. Toutefois, les splines cubiques possèdent quelques propriétés utiles. Elles présentent les avantages ci-après, qui sont la raison pour laquelle elles ont été sélectionnées pour être utilisées avec la méthode COYU :

- Flexibilité.
- Le degré de lissage peut être réglé directement à l'aide du nombre réel de degrés de liberté.
- La méthode fait appel aux splines naturelles (voir le paragraphe 5.2.1 de Hastie *et al.* (2001)), qui présente l'avantage d'avoir un comportement raisonnable aux points extrêmes des données par comparaison avec d'autres méthodes de lissage. De fait, dans ce cas, l'ajustement est linéaire.
- La méthode est bien connue et bien décrite, ce qui facilite sa mise en œuvre dans différents progiciels.
- Le code FORTRAN est disponible pour les splines cubiques, ce qui facilite sa mise en œuvre dans DUST.

#### Précisions concernant la méthodologie et la mise en œuvre dans R

Les fonctions et les procédures relatives aux splines cubiques sont facilement accessibles dans divers progiciels, notamment :

- SAS – utilisant PROC GAM
- R – diverses fonctions disponibles, notamment une spline de lissage, la fonction gam dans la librairie gam, la fonction gam dans la librairie mgcv et sreg dans la librairie fields
- GenStat – utilisant la directive REG avec la fonction S.
- FORTRAN

Toutefois, pour la plupart, ces fonctions ne permettent pas d'accéder aux erreurs types pour ajuster les nouvelles observations (contrairement à celles servant à ajuster la courbe). À cet effet, nous avons donc mis au point une méthodologie présentée ci-dessous de façon à permettre une mise en œuvre simplifiée, au moins dans R et dans FORTRAN.

Comme indiqué dans le document TWC/28/27 et dans Büsche *et al.* (2007), l'approche idéale en ce qui concerne la méthode COYU pourrait être une méthode en une étape. Le modèle mixte utilisé dans ces deux documents ne ferait qu'apporter un surcroît de complexité, qui ne faciliterait pas la mise en œuvre de la méthode. Au lieu de cela, nous indiquons qu'un modèle faisant intervenir une courbe graduelle différente pour chaque année peut être ajusté de manière équivalente aux séries de données pour chaque année séparément à l'aide de courbes d'ajustement (voir le paragraphe 9.5.2 de Hastie et Tibshirani, 1990; nous l'avons vérifié pour la régression linéaire). La programmation s'en trouve considérablement simplifiée.

Pour le lissage, nous adoptons le modèle ci-après pour la relation entre une variable de réponse,  $y$ , (dans notre cas,  $\log(SD+1)$ ) et une variable explicative,  $x$ , (dans notre cas, la mesure d'essai moyenne pour chaque variété) :

$$y = f(x) + \varepsilon \quad (1)$$

où  $f$  est une fonction lisse et  $\varepsilon$  est une erreur (indépendante et distribuée normalement et identiquement, avec la variance  $\sigma^2$ ).

Pour les splines cubiques, on peut démontrer (voir Hastie *et al.* 2001, 5.4.1) que la courbe lisse ajustée est donnée par l'équation :

$$\hat{f} = N(N^T N + \lambda \Omega_N)^{-1} N^T y = S_\lambda y \quad (2)$$

où  $\lambda$  est le paramètre contrôlant le degré de lissage,  $N$  est une fonction spline naturelle basée sur des nœuds situés à chacune des observations  $x$  et  $S_\lambda$  est définie comme la matrice plus lisse. Il convient de noter que le nombre réel de degrés de liberté est donné par  $\text{trace}(S_\lambda)$  (la somme des éléments diagonaux de la matrice plus lisse).

Pour chacune des observations utilisées pour ajuster le lissage (cela s'appliquerait aux variétés de référence), des erreurs types peuvent être calculées pour le point correspondant de  $\hat{f}$ . Il existe deux formulations distinctes :

- a) formulation classique, donnée par l'élément diagonal correspondant à l'observation de  $S_\lambda S_\lambda^T \sigma^2$ .
- b) formulation bayésienne (Wahba, 1983), donnée par l'élément diagonal correspondant à l'observation de  $S_\lambda \sigma^2$ .

Ces deux formulations sont examinées au paragraphe 3.8.1 de Hastie et Tibshirani (1990). Ces derniers font observer que, dans la pratique, la différence entre ces formulations est faible. Toutefois, dans la pratique, on constate que, bien que les erreurs types soient très semblables sur presque toute la gamme des observations, ces erreurs commencent à différer des observations aux limites extérieures de la gamme. Pour les extrapolations (voir ci-dessous), elles peuvent être très différentes.

Pour les nouvelles observations (candidates), la prédiction est formulée comme suit :

$$n_0 N^- S_\lambda y \quad (3)$$

où  $n_0$  est le vecteur de base projeté pour la nouvelle observation et l'exposant  $-$  indique une inverse généralisée.

Pour une nouvelle observation (c'est-à-dire pour les variétés candidates), les erreurs types pour la prédiction sont formulées comme suit :

$$a) \text{ formulation classique : } (n_0 N^- S_\lambda S_\lambda^T (N^-)^T n_0^T + 1) \sigma^2. \quad (4a)$$

$$b) \text{ formulation bayésienne : } (n_0 N^- S_\lambda (N^-)^T n_0^T + 1) \sigma^2. \quad (4b)$$

Eu égard à ce qui précède, nous posons un algorithme de base pour notre proposition de procédure COYU améliorée. La colonne de droite indique les fonctions R qui pourraient être utilisées.

Nous reconnaissons que certains des calculs pourraient être effectués d'une manière plus efficace que ce qu'indiquent les formules données. La rareté des matrices qui interviennent peut être utile. En particulier, l'inverse généralisé pourrait ralentir le fonctionnement des séries de données comportant un grand nombre de variétés de référence. Dans ces cas de figure, il est possible de réduire les coûts de calcul en utilisant moins de nœuds.

Tableau 1 : algorithme pour une méthode COYU utilisant des splines cubiques

Étape	Processus	R
1	Calculer les écarts types et les moyennes de l'intérieur de la parcelle	
2	Faire la moyenne des écarts types [ $\rightarrow SD_{ij}$ ] et des moyennes [ $\rightarrow M_{ij}$ ] intraparcelles sur les parcelles dans un essai afin d'obtenir une moyenne pour chaque année (j) et combinaison variétale (i)	
3	Transformer $SD_{ij}$ à l'aide du logarithme naturel après avoir ajouté 1 [ $\rightarrow \log SD_{ij}$ ]	
4	Diviser la série de données en deux parties : une pour les variétés de référence et l'autre pour les variétés candidates	
5	Pour chaque année, ajuster une spline lissante avec des degrés de liberté fixés ( $d=3$ ou $4$ ) à la série de données des variétés de référence – sauvegarder le paramètre de lissage [ $\rightarrow \lambda$ ] l'ensemble de nœuds et les sommes des carrés des résidus [ $\rightarrow SS_j$ ]	<code>smooth.spline(x=M,Y=logSD, all.knots = TRUE, df = d)</code>
6	Pour chaque année, utiliser cette spline ajustée pour prédire les logSD pour les variétés de référence et les variétés candidates [ $\rightarrow \log \overline{SD}_{ij}$ ]	<code>predict.smooth.spline</code>
7	Pour chaque année, calculer la moyenne des logSD sur les variétés de référence uniquement [ $\rightarrow \overline{\log SD}$ ]	
8	Pour chaque année, calculer les logSD ajustés : $\overline{\log SD} + \log SD_{ij} - \log \overline{SD}_{ij}$ [ $\rightarrow adjlogSD_{ij}$ ]	
9	Pour chaque année, calculer la matrice de base pour les variétés de référence – il est nécessaire d'utiliser le paramètre de lissage $\lambda$ et les nœuds de l'étape 5 [ $\rightarrow N$ ]	Fonction ns de la librairie de splines
10	Pour chaque année, calculer la matrice de base pour les variétés candidates – il est nécessaire d'utiliser le paramètre de lissage $\lambda$ et les nœuds de l'étape 5 [ $\rightarrow N_0$ ]	Fonction ns de la librairie de splines
11	Pour chaque année (et chaque variété candidate), calculer un facteur de variance ( $N_0 N^{-1} S_\lambda S_\lambda^T (N^{-1})^T N_0^T$ pour la formulation classique ou $N_0 N^{-1} S_\lambda (N^{-1})^T N_0^T$ pour la formulation bayésienne) [ $\rightarrow f_{ij}$ ]	Fonction ginv de la librairie MASS
12	Calculer l'ensemble des degrés de liberté résiduels $k(n_r - d)$ , où $k$ est le nombre d'années et $n_r$ le nombre de variétés de référence [ $\rightarrow d_r$ ]	
13	Calculer l'estimation de l'erreur résiduelle $\frac{\sum_j SS_j}{d_r}$ [ $\rightarrow \sigma^2$ ]	
14	Prendre la moyenne des valeurs $adjlogSD_{ij}$ relative à chaque année et variété pour les variétés de référence uniquement [ $\rightarrow \overline{adjlogSD}$ ]	
15	Pour les variétés candidates, calculer les facteurs de variance moyens pour chaque année [ $\rightarrow \overline{f}_i$ ]	
16	Pour chaque variété candidate, prendre la moyenne des valeurs $adjlogSD_{ij}$ pour chaque année [ $\rightarrow \overline{adjlogSD}_i$ ]	
17	Pour chaque candidat, calculer le seuil COYU : $\overline{adjlogSD} + t_{\alpha, d_r} \sqrt{\frac{\sigma^2}{k} (1 + \overline{f}_i)}$ où $t_{\alpha, d_r}$ est le centile $100(1-\alpha)$ de la distribution de Student avec $d_r$ degrés de liberté [ $\rightarrow UC_i$ ]	
18	Comparer les valeurs $\overline{adjlogSD}_i$ pour chaque candidat avec le seuil $UC_i$ correspondant. Les candidats présentant des valeurs supérieures au seuil échouent à la méthode d'analyse COYU.	

#### Choix des degrés de liberté

Nous pouvons fixer le degré de lissage de la spline cubique en déterminant le nombre réel de degrés de liberté pour la courbe. Le nombre de degrés de liberté doit être suffisant pour obtenir la flexibilité permettant

d'ajuster des relations non linéaires sans pour autant être excessif et sans que soit ajustée une relation trop compliquée qui n'est pas prise en charge par les données. En particulier, le nombre de variétés de référence est faible, un nombre réduit de degrés de liberté serait certainement préférable.

En principe, la gradualité de la courbe ajustée pourrait être déterminée par les données elles-mêmes, par exemple, par validation croisée. Toutefois, cette opération présente des risques, en particulier avec les petites séries de données et lorsqu'il est peu probable que l'utilisateur passe en revue les résultats.

Dans le document TWC/29/22, il a été constaté qu'une spline cubique présentant quatre degrés de liberté produisait des ajustements raisonnables à des données réelles. Ci-dessous, nous testons la performance sur des données simulées en fixant les degrés de liberté soit à 3, soit à 4.

#### Performance sur des séries de données simulées

Nous avons comparé la performance de la méthode de la spline avec celle d'une régression linéaire utilisant les huit séries de données simulées décrites dans le document TWC/28/27. Les huit séries ont été obtenues par la combinaison des trois paramètres suivants :

- Nombre de variétés de référence : 10 ou 50
- Interaction entre année et variété : la composante de variance est de 0 ou 100
- Pente de la relation linéaire entre les écarts types et la moyenne : 0 ou 0,1

Les données ont été initialement simulées sur des plantes individuelles dans une parcelle aux conditions suivantes  $k=3$  ans, 3 blocs par an et 20 plantes dans chaque parcelle. Toutefois, nous utilisons uniquement les moyennes variétales et les écarts types ajoutés au niveau d'essai. Chaque série de données comprenait 10 variétés candidates, qui étaient simulées à partir des mêmes distributions que les variétés de référence. Pour chacune des huit séries, il y avait 500 séries de données simulées.

Le tableau 2 ci-dessous compare la proportion de variétés candidates rejetées à l'aide de la méthode COYU avec les méthodes de régression linéaire et d'ajustement des splines. Le niveau de probabilité adopté était de 0,05 (c'est-à-dire une probabilité d'acceptation de 95%). Par conséquent, étant donné que les variétés candidates étaient simulées de la même façon que les variétés de référence, nous souhaitons obtenir un taux de rejet de 5%. La méthode de régression linéaire utilise la formule  $k(n_r - 2)$  pour les degrés de liberté résiduels. Pour la méthode de la spline, nous comparons les formulations classique et bayésienne pour l'erreur type et l'utilisation de trois ou quatre degrés de liberté.

*Tableau 2 : Proportion entre les candidats dépassant le seuil COYU au moyen des méthodes d'ajustement linéaire et de la spline (niveau de probabilité  $\alpha=0,05$ ) et les données simulées présente une relation linéaire*

Série n°	Hypothèses des simulations			Méthode				
	Nombre de variétés de référence, $n_r$	Variété, $\sigma_v^2$ / Pente	Interaction, $\sigma_{yv}^2$	Linéaire	Spline			
					Classique		Bayésienne	
					3 df	4 df	3 df	4 df
1	50	0/0	0	0,044	0,046	0,048	0,045	0,046
2	10	0/0	0	0,049	0,055	0,058	0,046	0,046
3	50	125/0,1	0	0,047	0,046	0,048	0,046	0,047
4	10	125/0,1	0	0,048	0,055	0,058	0,048	0,047
5	50	0/0	100	0,045	0,046	0,047	0,045	0,045
6	10	0/0	100	0,050	0,058	0,063	0,049	0,049
7	50	125/0,1	100	0,054	0,055	0,056	0,054	0,054
8	10	125/0,1	100	0,054	0,060	0,066	0,053	0,054



La performance de la méthode linéaire et celle de la méthode de la spline avec l'erreur type bayésienne étaient très semblables. Elles présentent une très légère tendance à la surestimation, hormis les séries de données 7 et 8, où la tendance est très légèrement à la surestimation. Toutefois, la concordance avec le niveau de probabilité fixé semble acceptable. Le nombre de degrés de liberté ne fait pas une grande différence. La méthode de la spline avec les erreurs types classiques s'écarte davantage du niveau cible visé, notamment lorsque le nombre de variétés de référence est faible.

La bonne performance de la méthode linéaire ci-dessus aurait pu être prévue : la relation sous-jacente est linéaire. Afin de corser les choses, nous avons simulé de nouvelles séries de données présentant des relations linéaire, quadratique et sinusoïdale entre le logSD et les moyennes, avec la même relation pour chaque année. Nous avons examiné des séries de données comportant soit 10, soit 50 variétés de référence avec 10 candidats testés en trois ans. La figure 2 montre des exemples de chaque type de fonction ainsi que les splines présentant quatre degrés de liberté, pour les séries de données comportant 10 ou 50 variétés. Nous avons également examiné des groupes distincts de séries de données simulées pour chaque combinaison de degrés de liberté, forme de fonction et nombre de variétés de référence. Le tableau 3 montre les résultats obtenus pour trois degrés de liberté et le tableau 4 montre les résultats obtenus pour quatre degrés de liberté. Ces résultats se fondent sur 100 000 séries de données simulées lorsque celles-ci comportaient 10 variétés de référence et sur 10 000 séries de données lorsque celles-ci comportaient 50 variétés de référence (dans ce cas, l'examen s'est effectué plus lentement). Il convient de noter que ces séries de données peuvent contenir des erreurs d'échantillonnage de la simulation; c'est la raison pour laquelle, par exemple, les résultats relatifs à la régression linéaire comportant 10 variétés de référence avec une fonction sinusoïdale diffèrent légèrement entre les deux tableaux.

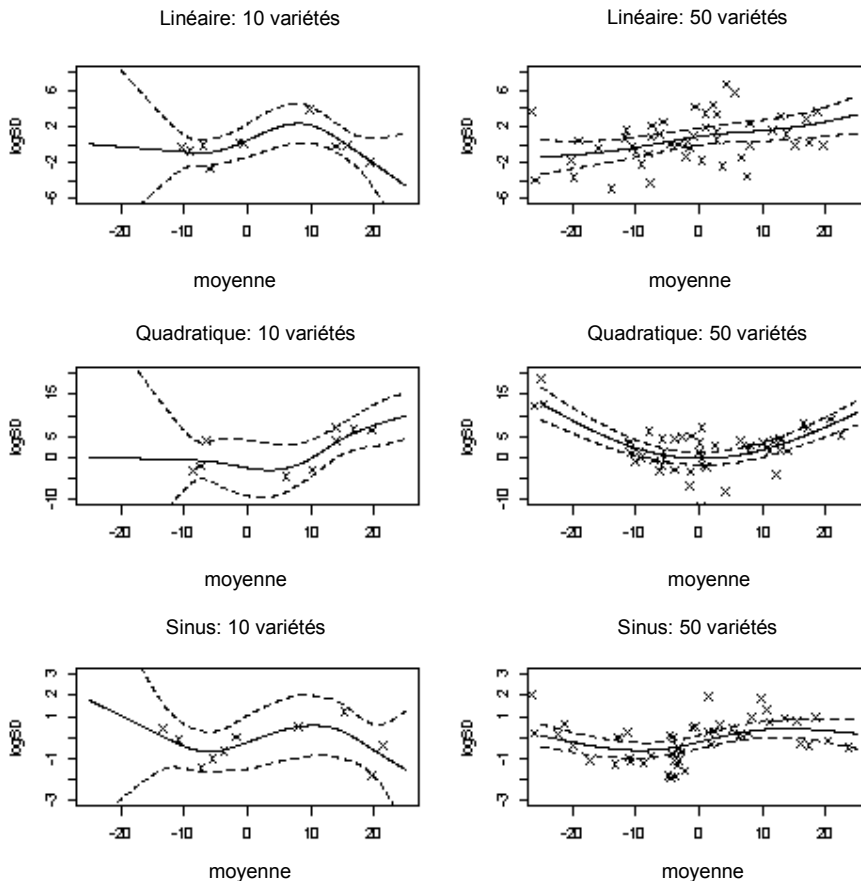


Figure 2 : exemples de séries de données simulées sur une année présentant différentes formes de relation. Une spline cubique (présentant quatre degrés de liberté) est ajustée à chacune de ces séries (ligne continue). Les lignes en pointillé représentent l'intervalle de confiance ponctuel à 95% pour l'ajustement (au moyen de la formulation bayésienne).

Tableau 3 : la proportion entre les candidats dépassant le seuil COYU au moyen des méthodes d'ajustement linéaire et de la spline (trois degrés de liberté) (niveau de probabilité  $\alpha=0,05$ ) et les différentes formes de relation

Relation	Nombre de variétés de référence	Méthode		
		Linéaire	Spline	
			Classique	Bayésienne
Linéaire	10	0,050	0,055	0,047
Quadratique	10	0,141	0,096	0,077
Sinusoïdale	10	0,115	0,108	0,097
Linéaire	50	0,050	0,051	0,049
Quadratique	50	0,109	0,078	0,076
Sinusoïdale	50	0,118	0,105	0,103

Tableau 4 : la proportion entre les candidats dépassant le seuil COYU au moyen des méthodes d'ajustement linéaire et de la spline (quatre degrés de liberté) (niveau de probabilité  $\alpha=0,05$ ) et les différentes formes de relation

Relation	Nombre de variétés de référence	Méthode		
		Linéaire	Spline	
			Classique	Bayésienne
Linéaire	10	0,050	0,058	0,047
Quadratique	10	0,141	0,077	0,056
Sinusoïdale	10	0,114	0,084	0,069
Linéaire	50	0,050	0,052	0,050
Quadratique	50	0,110	0,062	0,059
Sinusoïdale	50	0,117	0,078	0,076

Il ressort de ce qui précède que, dans l'ensemble, que c'est la méthode de la spline utilisant la formulation comportant l'erreur type bayésienne qui s'est le plus approchée du taux de rejet visé. Comme on pouvait s'y attendre, la version présentant quatre degrés de liberté a mieux fonctionné que celle présentant trois degrés de liberté pour les relations non linéaires. L'examen des résultats relatifs aux simulations sinusoïdales a montré que la spline présentant quatre degrés de liberté a produit un net sous-ajustement de la courbe sinusoïdale, ce qui a eu pour effet d'entraîner un taux de rejet légèrement plus élevé que prévu. Reste que les résultats indiqués dans le document TWC/29/22 montrent que quatre degrés de liberté devraient être suffisants dans la pratique.

#### Application aux séries de données réelles

Nous présentons la méthode proposée (présentant quatre degrés de liberté) sur une série de données de trois ans pour *Lolium perenne* aimablement fournie par le Agri-Food and Biosciences Institute, qui exploite le United Kingdom DUS Centre for Herbage Crops. Cette série de données contient 63 variétés de référence et deux variétés candidates testées à chacune des trois années. Nous avons examiné les caractères 8 (époque d'épiaison la deuxième année) et 9 (Plante : hauteur naturelle à l'épiaison).

D'abord, nous montrons les relations entre le logSD et les moyennes relatives aux variétés de référence dans les figures 3 et 4. Ces parcelles montrent également l'ajustement des splines (ligne épaisse) et une moyenne mobile (ligne fine).

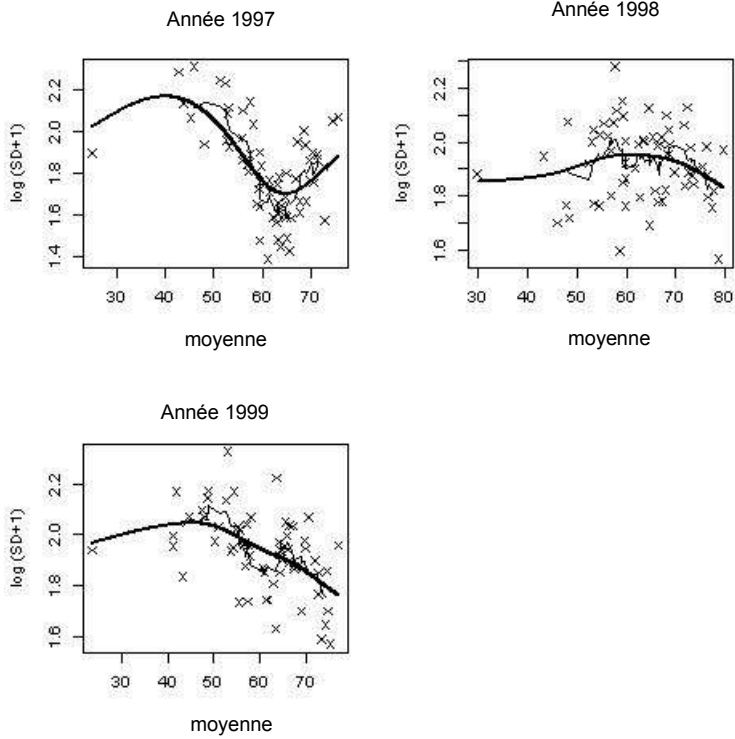


Figure 3 : Relation entre le logSD et la moyenne à chacune des trois années pour l'exemple de *Lolium perenne* avec le caractère 8. Une spline cubique (présentant quatre degrés de liberté) est ajustée à chaque année (ligne continue). Les lignes fines représentent une moyenne mobile à neuf points utilisée dans la procédure COYU actuelle.

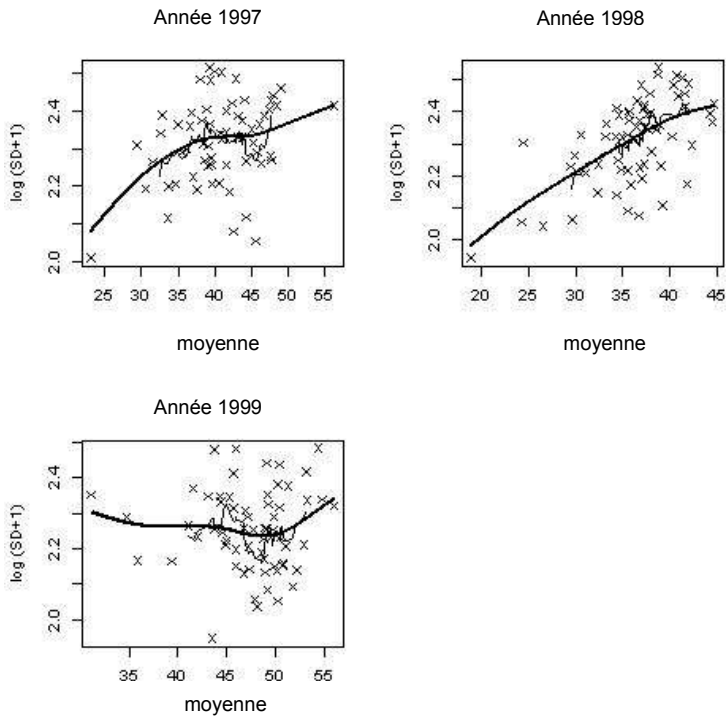


Figure 4 : Relation entre le logSD et la moyenne à chacune des trois années pour l'exemple de *Lolium perenne* avec le caractère 9. Une spline cubique (présentant quatre degrés de liberté) est ajustée à chaque année (ligne continue). Les lignes fines représentent une moyenne mobile à neuf points utilisée dans la procédure COYU actuelle.

Les résultats de l'application des versions existante et proposée de la méthode COYU sont résumés dans le tableau 5. Il ressort de ce dernier que les logSD ajustés sont semblables dans les deux méthodes dans ce petit exemple. Le candidat B a été le plus proche d'échouer à remplir le critère de la méthode COYU avec la nouvelle méthode, la valeur de  $p$  étant de 0,071. Les seuils pour la méthode COYU existante ( $\alpha=0,001$ ) sont plus élevés que ceux de la méthode proposée, bien que ce soit seulement de peu lorsque  $\alpha=0,05$  pour la nouvelle méthode. Le choix des probabilités d'acceptation est examiné ci-dessous.

Tableau 5 : Résumé des résultats de l'application des versions existante et proposée de la méthode COYU.

Candidat	Caractère 8		Caractère 9	
	A	B	A	B
Moyenne	48,36	67,71	45,83	42,41
logSD	2,03	1,97	2,34	2,27
<i>COYU existante</i>				
logSD ajusté	1,90	1,99	2,32	2,25
Seuil avec $\alpha=0,001$	2,13	2,13	2,49	2,49
Homogène avec $\alpha=0,001$ ?	Oui	Oui	Oui	Oui
<i>COYU avec spline (4 df)</i>				
logSD ajusté	1,90	2,01	2,31	2,26
Seuil avec $\alpha=0,05$	2,03	2,03	2,40	2,40
Homogène avec $\alpha=0,05$ ?	Oui	Oui	Oui	Oui
Seuil avec $\alpha=0,01$	2,09	2,09	2,45	2,45
Homogène avec $\alpha=0,01$ ?	Oui	Oui	Oui	Oui
Valeur de $p$	0,438	0,071	0,392	0,699

#### Choix des probabilités d'acceptation

Le paragraphe 9.11 de la deuxième partie du document TGP/8/1 contient des orientations sur les probabilités d'acceptation de l'actuelle version de la méthode COYU. Pour un système de contrôle composé de trois cycles, différents niveaux de probabilité peuvent être établis :  $p_{u2}$  pour déclarer un candidat homogène après deux cycles,  $p_{uu2}$  pour déclarer un candidat non homogène après deux cycles et  $p_{u3}$  pour la décision après trois cycles. Les résultats semblent indiquer que 0,01 pourrait être une valeur raisonnable de  $\alpha$  (ou de  $p_{u3}$ ) à utiliser dans une décision prise après trois ans d'essai car cela donnerait un seuil proche de celui obtenu par l'utilisation de la méthode actuelle. Toutefois, avant qu'une décision finale ne soit prise en ce qui concerne les différentes valeurs de  $P$  ( $p_{u2}$ ,  $p_{uu2}$  et  $p_{u3}$ ) pour une culture donnée, il serait préférable de d'effectuer des comparaisons entre la méthode actuelle et une nouvelle méthode portant sur des données historiques afin d'assurer une transition harmonieuse entre ces deux méthodes.

#### Mise en œuvre dans un logiciel

Bien que les progiciels statistiques soient munis d'une fonction servant à ajuster les splines cubiques, ils ne calculent pas habituellement les erreurs types nécessaires pour réaliser des nouvelles observations. Si ce calcul n'est pas disponible, il faut avoir recours à une fonction de programmation puissante et appropriée ou être en mesure d'interagir avec un programme FORTRAN afin de mettre en œuvre une méthode COYU utilisant des splines. À ce stade, nous n'avons pas procédé à un examen approfondi de tous les progiciels utilisés par les États membres. Nous donnons ci-dessous nos premiers points de vue sur certaines options logicielles essentielles.

#### *R*

R a servi à mettre au point et à tester une version initiale du logiciel COYU amélioré. La fonction "smooth.spline" de la librairie "stats" et la fonction "ns" de la librairie "splines" ont été utilisées. La fonction "gam" de la librairie "mgcv" constitue une solution de rechange.

#### *FORTRAN*

Les sous-routines FORTRAN pour la fonctionnalité spéciale requise sont facilement accessibles. En effet, les auteurs des fonctions R ont mis à disposition le code source FORTRAN (Hastie & Tibshirani – gamfit – <http://www.stanford.edu/~hastie/swData.htm>; équipe de développement de Fields – css – <http://www.image.ucar.edu/Software/Fields/index.shtml>).

### *Logiciel DUST*

Le logiciel DUST est muni d'une interface Windows avec les modules FORTRAN. Si le code FORTRAN peut être mis au point pour la nouvelle méthode COYU, il devrait être aisé de l'intégrer ensuite à DUST.

### *GenStat*

Les splines lissantes sont accessibles au moyen de la directive REG (avec la fonction SSPLINE). Cela ne semble toutefois pas permettre la réalisation de prédictions. Une fonction permet de calculer les bases des splines (procédure SPLINE). Il est également possible d'ajuster des splines au moyen de directives à modèle mixte (VCOMPONENTS et REML) et d'effectuer des prédictions avec des erreurs types pour les nouvelles observations au moyen de la directive VPREDICT. Cependant, le degré de lissage est estimé à partir des données au lieu d'être fixé en fonction des degrés de liberté requis. Cette situation peut être modifiée au moyen d'un travail de programmation (essentiellement en fixant la composante de variance pour la spline) mais cette possibilité n'a pas encore été testée. En règle générale, nous n'avons pas préconisé une approche à modèle mixte de l'ajustement des splines car elle serait difficile à mettre en œuvre dans DUST. En vue de la mise en œuvre de COYU dans GenStat, une variante plus simple consisterait à assurer une interface avec FORTRAN ou R.

### *SAS*

Dans SAS/STAT, PROC TRANSREG et PROC GAM ajusteront les splines. Toutefois, nous ne croyons pas qu'ils produiront directement des erreurs types pour les nouvelles observations. Cela pourrait être le cas à l'aide d'un codage en langage Macro SAS ou PROC IML mais nous n'avons pas approfondi ce point. Une variante plus simple consisterait à assurer une interface avec FORTRAN ou R.

### Conclusions et questions en suspens

Nous sommes d'avis que la nouvelle version de COYU que nous avons mis au point en procédant à un ajustement de la spline au lieu de faire appel à la méthode actuelle de la moyenne mobile constitue une amélioration de la version actuelle.

La méthode de la spline permet à la fois d'éviter le problème des erreurs systématiques que présente la méthode de la moyenne mobile et d'ajuster une relation non linéaire entre la variabilité et le niveau d'expression mieux que les variantes également examinées.

Nous pensons qu'il faudrait adopter un degré fixe de lissage, ce qui permettrait d'éviter à la fois une complication de la mise en œuvre de la méthode et les difficultés liées au choix du niveau de lissage avec une petite série de données. Nous recommandons un niveau de lissage équivalent à quatre degrés de liberté, ce qui semble apporter une flexibilité suffisante pour ajuster les relations observées dans la pratique sans surajustement. La formulation bayésienne pour les erreurs types donne un meilleur résultat que la formulation classique.

L'extrapolation est une question que nous n'avons pas abordée ici. Il est clairement déconseillé d'ajuster les valeurs de logSD pour un candidat dont le niveau d'expression n'entre pas dans les limites de celui observé chez les variétés de référence. Cela vaut pour les autres méthodes comme pour la méthode de la spline, y compris l'actuelle méthode de la COYU. Nous pensons qu'un avertissement devrait s'afficher dans ces cas. Cependant, à ce stade, nous n'avons toujours pas réfléchi aux moyens d'évaluer l'homogénéité lorsque ce cas de figure se présente. Un examen approfondi est nécessaire; il pourrait être difficile de trouver une solution qui soit généralement acceptable dans ces cas.

Nous demandons au TWC d'examiner ce document et d'indiquer si la méthode d'analyse de la COYU doit être modifiée pour utiliser des splines. Si tel est le cas, il convient de convenir d'un processus pour que la modification ait lieu.

Nous pensons qu'il devrait être relativement simple d'écrire des logiciels en FORTRAN pour la méthode qui pourraient ensuite être intégrés au logiciel DUST. La mise en œuvre la méthode à l'aide de R (un logiciel statistique gratuit) devrait également être simple. Toutefois, la mise en œuvre dans d'autres logiciels, tels que SAS ou GenStat, pourrait se révéler plus difficile – il pourrait être plus facile de simplement assurer une interface avec le programme FORTRAN.

### Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier l'Office communautaire des variétés végétales (Union européenne), le Defra (Royaume-Uni), le SASA (Royaume-Uni) et le département d'agroécologie de l'Université d'Aarhus (Danemark) pour leur soutien financier ainsi que M. Zhou Fang (BioSS) pour ses conseils en matière de splines.

### Références

Büsche, A.; Piepho, H.-P.; Meyer, U. (2007). Examination of statistical procedures for checking uniformity in variety trials. *Biuletyn Oceny Odmian (Cultivar testing Bulletin)* 32: 7-27.

Hastie T, & Tibshirani R. (1990). *Generalized additive models*. Chapman and Hall.

Hastie T, Tibshirani R. & Friedman J (2001). *The elements of statistical learning*. Chapter 5. Springer. Une version gratuite et mise à jour est également disponible à l'adresse : <http://www-stat.stanford.edu/~tibs/ElemStatLearn/>

Wahba G. (1983). Bayesian "confidence intervals" for the cross-validated smoothing spline. *J. R. Statist. Soc. B* 45:133-150.

[L'annexe II suit]

## Méthode de calcul de la méthode d'analyse COYU

Adrian Roberts et Kristian Kristensen



1

TWC/31/15, Séoul 2013

## Informations générales

- La méthode d'analyse COYU est une méthode reconnue d'évaluation de l'homogénéité pour les caractères mesurés.
- Le document TWC/26/17 "Quelques conséquences de la réduction du nombre de plantes observées lors de l'évaluation des caractères quantitatifs des variétés de référence" a montré que l'actuelle méthode COYU
  - est trop stricte;
  - échoue avec plus de variétés qu'elle ne devrait;
  - est corrigée par l'utilisation d'un faible niveau de probabilité.

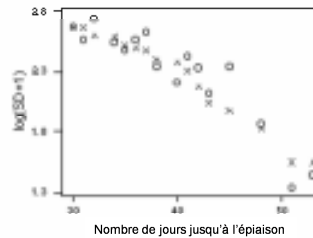
2

TWC/31/15, Séoul 2013

## Informations générales

Le problème provient de la méthode d'ajustement utilisée.

- La variabilité des mesures pour un caractère peut dépendre du niveau d'expression.
- La méthode COYU utilise une méthode d'ajustement, dite de la moyenne mobile, à neuf points afin d'ajuster  $\log(SD+1)$  sur la base de la moyenne.



3

TWC/31/15, Séoul 2013

## Informations générales

- Dans les documents TWC/27/15, TWC/28/27 et TWC/29/10 d'autres méthodes d'ajustement ont été examinées, notamment :
  - la régression linéaire;
  - la régression quadratique;
  - les splines de lissage cubiques.
- En conclusion, il a été établi que les splines de lissage étaient susceptibles de fournir la meilleure méthode.

4

TWC/31/15, Séoul 2013



## Informations générales

- À la vingt-neuvième session du TWC, le TWC est convenu qu'un nouveau document fondé sur le modèle de la spline cubique devait être établi pour sa prochaine session.
- À la quarante-huitième session du TC, le TC est convenu de demander au TWC qu'il poursuive ses travaux en vue d'élaborer des recommandations à son intention concernant les propositions destinées à remédier à l'erreur systématique de l'actuelle méthode de calcul de la COYU.

## Dans ce document

- Proposition d'amélioration de la méthode de calcul de la méthode COYU :
  - erreur systématique minimale;
  - fait appel à des splines lissantes cubiques;
  - programmé initialement dans R.
- Performance vérifiée par simulation et démontrée sur des données réelles.
- Moyens d'avancer sur la question?

## La méthode d'analyse COYU en bref

1. Calcul des écarts types intraparcelles pour chaque variété et chaque année.
2. Transformation des écarts types en ajoutant 1 et en convertissant en logarithmes naturels.
3. Estimation de la relation entre l'écart type et la moyenne chaque année. La méthode utilisée est fondée sur les moyennes mobiles des log SD des variétés de référence classées en fonction de leurs moyennes.
4. Correction des log SD des variétés candidates et de référence sur la base des relations estimées entre l'écart type et la moyenne pour chaque année.
5. Calcul de la moyenne des log SD ajustés pour chaque année.
6. Calcul de l'écart type maximal autorisé (le critère d'homogénéité). Ce calcul utilise une estimation de la variabilité de l'homogénéité des variétés de référence dérivée de l'analyse de la variance de la table des moyennes de variétés/année des log SD ajustés.
7. Comparaison des log SD ajustés des variétés candidates présentant l'écart type maximal autorisé.

7

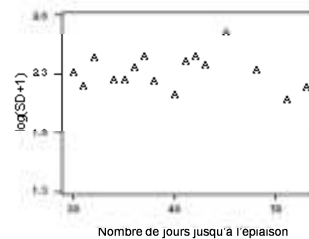
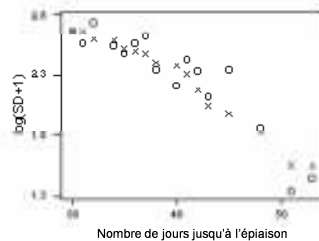
TWC/31/15, Séoul 2013

## Correction de la moyenne mobile

Classer  $Y_i = \log(SD_i + 1)$  par la valeur  $X_i$  pour obtenir  $Y_{(i)}$

La valeur de tendance  $T_i$  est la moyenne de 9 valeurs de tendance de  $T_{(i-4)}$  à  $T_{(i+4)}$

Valeur ajustée pour  $i = Y_i - T_i + \bar{Y}$



8

TWC/31/15, Séoul 2013

## Splines

- La moyenne mobile est un exemple de *lissage*.
- Les *splines cubiques* constituent une autre méthode.
- L'idée est d'ajuster une courbe lisse à une série de points.
- Le degré de lissage peut être réglé.
  - Moins lisse – s'ajuste plus étroitement aux points mais est plus ondulé.
  - Moyenne mobile réglée par nombre de points utilisés pour les moyennes (9 pour COYU).
  - Splines lissantes réglées par un facteur de lissage :
    - équivalent aux degrés de liberté utilisés;
    - plus lisse ↔ moins de degrés de liberté.

9

TWC/31/15, Séoul 2013

## Splines

- Pourquoi utiliser des splines cubiques?
  - Propriétés mathématiques bien établies.
  - Peuvent être utilisées dans le cadre d'une régression.
  - Couramment utilisées.
- Degrés de liberté fixes
  - Facilite l'automatisation complète.
  - Un faible nombre devrait ajuster la plupart des relations réalistes (TWC/29/10).
- Seuils COYU pour log SD ajustés
  - Varient en fonction de la moyenne – plus grands aux points extrêmes d'expression.
  - Méthode COYU actuelle utilise un seuil constant (partie de son problème).
  - Publier réextrapolation.

10

TWC/31/15, Séoul 2013

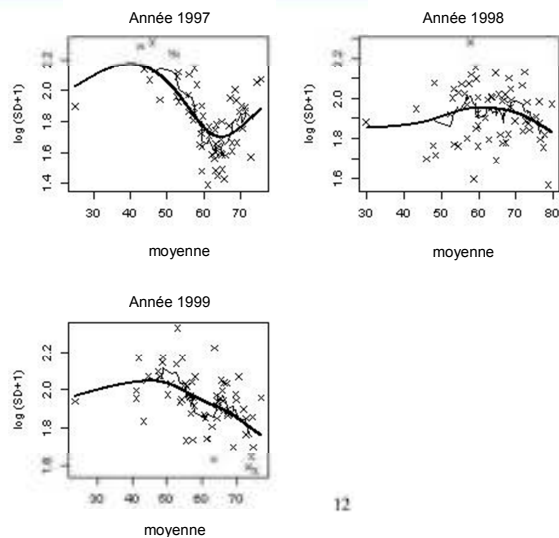
## Exemple sur des données réelles

### *Lolium perenne*

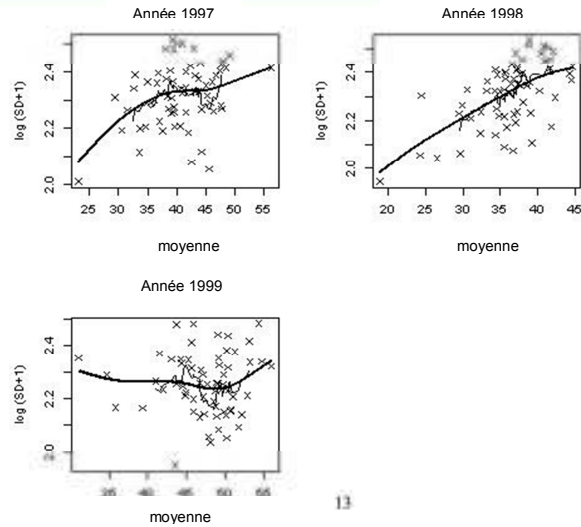
- Trois années.
- 63 variétés de référence; deux variétés candidates.
- Caractère 8 :
  - époque d'épiaison la deuxième année.
- Caractère 9 :
  - plante : hauteur naturelle à l'épiaison.

Merci au UK Herbage DUS centre.

## Caractère 8



## Caractère 9



13

TWC/31/15, Séoul 2013

Candidat	Caractère 8		Caractère 9	
	A	B	A	B
Moyenne	48,36	67,71	45,83	42,41
logSD	2,03	1,97	2,34	2,27
<b><i>COYU existante</i></b>				
logSD ajusté	1,90	1,99	2,32	2,25
Seuil avec $\alpha=0,001$	2,13	2,13	2,49	2,49
Homogène avec $\alpha=0,001?$	Oui	Oui	Oui	Oui
<b><i>COYU avec spline (4 degrés liberté)</i></b>				
Adjusted logSD	1,90	2,01	2,31	2,26
Seuil avec $\alpha=0,05$	2,03	2,03	2,40	2,40
Homogène avec $\alpha=0,05?$	Oui	Oui	Oui	Oui
Seuil avec $\alpha=0,01$	2,09	2,09	2,45	2,45
Homogène avec $\alpha=0,01?$	Oui	Oui	Oui	Oui
Valeur de p	0,438	0,071	0,392	0,699

14

TWC/31/15, Séoul 2013

## Simulations

Nous avons entrepris des simulations approfondies pour tester la performance des méthodes de remplacement :

- Dans les documents précédents et dans celui-ci, nous avons examiné huit scénarios en faisant varier :
  - le nombre de variétés de référence (10 ou 50);
  - l'absence/présence d'une relation linéaire entre l'écart type et la moyenne;
  - la dimension de l'interaction variété/année.
- Dans ce document, nous avons également examiné différentes relations sous-jacentes entre le logSD et la moyenne :
  - linéaire;
  - quadratique;
  - fonction sinusoïdale.
- Nous avons examiné le taux de rejet en le comparant à la probabilité d'acceptation.

15

TWC/31/15, Séoul 2013

## Simulations

Conclusions à partir des simulations et des résultats précédents :

- La méthode de la spline présentant 4 degrés de liberté (et les erreurs types bayésiennes) a mieux fonctionné.
  - 4 degrés de liberté valent mieux que 3.
  - La méthode n'est pas parfaite pour une fonction sinusoïdale :
    - produit un sous-ajustement;
    - mais fonctionne bien avec une série de données réelles (voir le document TWC/29/10).
- Pour plus de détails, voir le document TWC/31/15.

16

TWC/31/15, Séoul 2013

## Probabilité d'acceptation

- Pour la méthode COYU actuelle, de très faibles probabilités d'acceptation ( $\alpha$ ) sont généralement utilisées :
  - par exemple, 0,1% ou 0,2%;
  - peut-être pour tenir compte de l'erreur systématique?
- Pour la méthode proposée faisant appel aux splines, l'erreur systématique est considérablement réduite :
  - peut adopter des valeurs plus couramment utilisées, par exemple, 0,05 ou 0,01.

17

TWC/31/15, Séoul 2013

## Probabilité d'acceptation

Comment choisir  $\alpha$  pour la nouvelle méthode?

- a) Pour chaque culture (et pays), comparer aux résultats pour l'actuelle méthode COYU pour que les décisions soient semblables :
  - beaucoup de travail.
- b) Idem pour toutes les cultures (d'un type) sur la base des principes suivants :
  - harmonisation;
  - potentiel de modification de la rigueur du critère d'homogénéité.

18

TWC/31/15, Séoul 2013

## Considérations sur le logiciel

- Les fonctions R conçues pour la méthode COYU utilisant des splines :
  - R est un logiciel de programmation statistique gratuit et puissant.
- Il doit être simple d'écrire un code FORTRAN :
  - le code est disponible pour les passages compliqués.
- Le code FORTRAN peut ensuite être utilisé dans DUST et ainsi qu'avec SAS et d'autres logiciels.
- Pour plus de détails, voir le document – nous serons heureux d'approfondir le sujet.

19

TWC/31/15, Séoul 2013

## Conclusions

- Proposition relative à une nouvelle version de COYU utilisant des splines
  - Remédie aux erreurs systématiques
  - Produit de meilleurs résultats que la méthode actuelle
  - Devrait permettre de produire des logiciels (p. ex., DUST)
- Précisions sur la méthode
  - Splines cubiques (naturelles)
  - Méthode de calcul des erreurs types → bayésienne
  - Niveau de lissage fixe – 4 degrés de liberté

20

TWC/31/15, Séoul 2013



## Questions à traiter

- Probabilité d'acceptation
- Extrapolation
  - Question concernant tant la méthode actuelle que la méthode proposée.
  - Et si le niveau d'expression du candidat n'entre pas dans les limites de celui observé chez les variétés de référence?
- Logiciels

21

TWC/31/15, Séoul 2013

## Aller de l'avant

Extrait du document TWC/31/15 :

*Le TWC est invité :*

- a) à prendre note des informations relatives à la mise au point de la méthode d'analyse COYU figurant dans le présent document;*
- b) à examiner la question de savoir si la méthode d'analyse COYU doit être modifiée afin d'utiliser des splines, tel qu'énoncé au paragraphe 58 du présent document; et*
- c) à examiner la possibilité de concevoir en FORTRAN des logiciels pour la méthode d'analyse COYU susceptibles d'être ensuite intégrés dans DUST, tel qu'énoncé au paragraphe 59 du présent document.*

22

TWC/31/15, Séoul 2013

## Processus de mise en œuvre

(si la proposition est acceptée)

- Parvenir à un accord plus large à l'UPOV
- Logiciels
- Calendrier
- Probabilités d'acceptation
- TGP/8
- Publication
- .....

Questionnaire sur la méthode d'analyse globale de l'homogénéité sur plusieurs années (méthode d'analyse COYU)

Membre de l'UPOV :

Nom de la personne qui répond au questionnaire :

Titre :

Organisation :

Coordonnées :

Adresse :

Tél. :

Adresse électronique :

Veuillez répondre aux questions ci-après. Vous pouvez au besoin joindre une ou plusieurs feuilles séparées pour donner une réponse plus complète.

1) Utilisez-vous la méthode d'analyse COYU pour évaluer l'homogénéité d'une ou plusieurs cultures?

Oui

Non

2) Si la réponse à la question 1 est "oui", quel logiciel (p. ex. DUSTNT) utilisez-vous dans le cadre de la méthode d'analyse COYU?

3) Si la réponse à la question 1 est "oui", pour quelle(s) culture(s) utilisez-vous la méthode d'analyse COYU?

4) Observations supplémentaires (s'il y a lieu) :

RÉSUMÉ DES RÉPONSES AU QUESTIONNAIRE  
SUR LA MÉTHODE D'ANALYSE GLOBALE DE L'HOMOGÉNÉITÉ SUR PLUSIEURS ANNÉES  
(MÉTHODE D'ANALYSE COYU)

Le tableau ci-après résume les résultats de l'enquête :

Membre de l'Union	Utilisation de COYU (question 1)	Logiciel (question 2)	Cultures pour lesquelles COYU est utilisée (question 3)
République tchèque	Oui	DUSTNT	Plantes fourragères; Colza oléagineux
Estonie	Oui	DUSTNT	Graminées; Légumineuses
Finlande	Oui	DUSTNT	Fétuque des prés et fétuque élevée; Trèfle violet et trèfle blanc; Alpiste roseau; Seigle; Fléole; Navette (oléagineuse)
France	Oui	SAS	Fève; Cultures fourragères; Colza oléagineux
Allemagne	Oui	SAS	Massette; Festulolium; Betterave fourragère; Radis chinois; Ray-grass hybride, ray-grass d'Italie, ray-grass anglais et ray-grass Westerwold; Fétuque des prés, fétuque rouge et fétuque ovine; Colza; Trèfle violet; Moutarde blanche; Seigle d'hiver
Japon	Non	sans réponse	sans réponse
Pays-Bas	Oui	GenStat	Plantes allogames en général; Graminées en particulier
Nouvelle-Zélande	Non	sans réponse	sans réponse
Portugal	Non	sans réponse	sans réponse
Fédération russe	Non	sans réponse	sans réponse
Royaume-Uni	Oui	DUSTNT	Festulolium; Colza oléagineux (type hiver); Pois; Ray-grass; Trèfle blanc

Outre les informations susmentionnées, les observations ci-après ont été formulées (question 4) :

- France : en ce qui concerne les plantes fourragères, la méthode COYU est couramment utilisée pour évaluer l'homogénéité; en ce qui concerne le colza oléagineux, la méthode COYU est utilisée pour évaluer certains des caractères tandis que pour d'autres caractères, ce sont des méthodes fondées sur les plantes hors-type qui sont utilisées; en ce qui concerne la fève (groupe des plantes de grande culture), la méthode COYU a été utilisée pour évaluer les caractères quantitatifs jusqu'à présent mais sera abandonnée au profit de la méthode GAIA afin de prendre de la distance en mélangeant les caractères qualitatifs et quantitatifs.
- Pays-Bas : Naktuinbouw travaille avec un ensemble complet de procédures dans le logiciel GenStat, qui a été mis au point par Biometris (Université Wageningen) pour la conception d'essais (alpha-plan ou plan en bloc), l'analyse d'essais, la méthode d'analyse COYD, la méthode d'analyse COYU et "Differ" (filtrage de la distinction).
- Nouvelle-Zélande : DUST est utilisée pour le ray-grass et pour d'autres espèces fourragères. Jusqu'à cette année, la Nouvelle-Zélande n'a pas disposé de quantité de variétés suffisantes pour appliquer les méthodes d'analyse COYD ou COYU. En janvier 2014, il est prévu de réaliser une analyse COYD et une analyse COYU sur le ray-grass ainsi que d'autres mesures sur des plantes fourragères. Pour l'heure, c'est la méthode de la plus petite différence significative (PPDS) à 1% qui est utilisée.

[L'annexe IV suit]

## ANNEXE IV

APERÇU DES PROPOSITIONS D'AMÉLIORATION DE LA MÉTHODE COYU  
(établi par un expert du Royaume-Uni)

L'analyse globale de l'homogénéité sur plusieurs années (méthode d'analyse COYU) est une méthode d'évaluation de l'homogénéité fondée sur des caractères mesurés. L'introduction générale (TG/1/3) indique ce qui suit :

"6.4.2.2.1 Pour les caractères mesurés, le degré admissible de variation dans la variété ne doit pas dépasser de façon significative le degré de variation constaté dans des variétés comparables déjà connues. L'UPOV a proposé plusieurs méthodes statistiques pour analyser l'homogénéité dans les caractères quantitatifs mesurés. L'une de ces méthodes, qui tient compte des variations d'une année à l'autre, est la méthode dite de l'analyse globale de l'homogénéité sur plusieurs années (méthode COYU)."

Le document TGP/10/1 "Examen de l'homogénéité" donne ci-après quelques précisions supplémentaires sur la méthode COYU :

"5.2 Détermination du degré de variation admissible

"5.2.1 La comparaison entre une variété proposée et des variétés comparables est réalisée sur la base d'écart types, calculés à partir d'observations portant sur différentes plantes. Les variétés comparables sont des variétés du même type appartenant à une même espèce ou une espèce voisine qui ont été examinées précédemment et jugées suffisamment homogènes.

"5.2.2 L'UPOV a proposé plusieurs méthodes statistiques pour analyser l'homogénéité dans les caractères quantitatifs mesurés. L'une de ces méthodes, qui tient compte des variations entre les années, est la méthode dite de l'analyse globale de l'homogénéité sur plusieurs années (méthode d'analyse COYU). La comparaison entre une variété candidate et des variétés comparables est réalisée sur la base d'écart types, calculés à partir d'observations effectuées sur différentes plantes. Avec la méthode d'analyse COYU, un seuil de tolérance est calculé pour chaque caractère sur la base des variétés comprises dans le même essai qui présentent une expression de ce caractère comparable."

La méthode COYU est décrite de façon bien plus détaillée dans le document TGP/8 "Protocole d'essai et techniques utilisés dans l'examen de la distinction, de l'homogénéité et de la stabilité". En particulier, le logiciel qui permet de réaliser l'analyse COYU est disponible dans DUST, tel qu'indiqué dans le document TGP/8 :

"9.9 Mise en œuvre de l'analyse COYU

"L'analyse COYU peut être réalisée grâce au module COYU du progiciel d'analyse statistique des données DHS que l'on peut se procurer en s'adressant à Mme Sally Watson, (mél. : [info@afbini.gov.uk](mailto:info@afbini.gov.uk)) ou en visitant <http://www.afbini.gov.uk/dustnt.htm>."

Au cours des six dernières années, le TWC a mené des recherches en vue d'améliorer l'actuelle méthode COYU. Le présent document donne un aperçu des progrès accomplis. Il explique pourquoi le TWC propose d'améliorer l'actuelle méthode d'analyse COYU et comment cela peut être réalisé, et il examine les moyens d'évaluer plus largement les propositions d'amélioration. Des précisions techniques sont fournies dans les documents du TWC.

Pourquoi la méthode d'analyse COYU a-t-elle besoin d'être améliorée?

Les recherches menées par le TWC ont montré que la méthode actuelle a tendance à déclarer un plus grand nombre de variétés non homogènes qu'il ne serait souhaitable. Il semblerait que des niveaux de probabilité inférieurs à ceux qui sont habituels ont été largement adoptés pour fixer le critère COYU afin de compenser cette caractéristique. Des niveaux de probabilité tels que 0,001 (0,1%) et 0,002 (0,2%) sont généralement utilisés pour la méthode COYU, tandis que pour la méthode COYD, les taux de probabilité sont de 0,01 (1%) et de 0,05 (5%).

Il n'en reste pas moins que la compensation faisant appel à de faibles niveaux de probabilité n'est pas la meilleure façon de traiter l'erreur systématique dans le cadre de la méthode d'analyse COYU. Plutôt que d'une solution fondée sur des principes solides, il s'agit d'une solution *ad hoc* qui est loin d'être parfaite parce que la compensation réellement nécessaire varie d'une plante à l'autre, d'un caractère à l'autre et d'un candidat à l'autre. Bien entendu, dans la pratique, le même niveau de probabilité est généralement adopté pour l'ensemble des caractères d'une plante.

La source de l'erreur systématique est la méthode qui est utilisée dans le cadre de la méthode COYU pour corriger toutes les relations entre les niveaux de variabilité observés pour un caractère mesuré et l'expression de ce caractère. Ces relations sont assez communes – voir le document TWC/29/22. Un ajustement est nécessaire pour s'assurer que les comparaisons de variabilité sont effectuées avec des "variétés comparables déjà connues" (document TG1/3). La méthode d'ajustement utilisée dans le cadre de l'actuelle méthode COYU est désignée sous le nom de méthode de la moyenne mobile.

#### L'amélioration proposée

Il a été considéré qu'une méthode d'ajustement différente de méthode de la moyenne mobile pourrait réduire considérablement l'erreur systématique et permettre l'utilisation de niveaux de probabilité plus usuels. Le TWC a examiné plusieurs approches en les évaluant sur des exemples de données simulées et réelles. Compte tenu de ce qui précède, il est proposé que la méthode de la moyenne mobile soit remplacée par une méthode de la spline.

Il a été établi que la méthode de la spline ajuste les relations entre la variabilité et le niveau d'expression observées dans les exemples réels. De plus, l'erreur systématique que présente cette méthode est très faible et permet de faire appel à des niveaux de probabilité plus habituels.

#### Les moyens de progresser

Le logiciel de base pour la méthode d'analyse COYU améliorée a été conçu à l'aide de R, un logiciel statistique gratuit. À la trente et unième session du TWC, le Royaume-Uni est convenu d'ajouter un prototype de module au logiciel DUST en vue de la trente-deuxième session, ce qui permettrait aux membres du TWC d'évaluer la nouvelle méthode sur des exemples réels. Sur cette base, la détermination de niveaux de probabilité appropriés serait examinée.

Les travaux ont mis en évidence une question qui se pose également avec l'actuelle méthode d'analyse COYU : lorsque le niveau d'expression d'un candidat n'entre pas dans les limites de celui observé chez les variétés de référence, comment son homogénéité peut-elle être évaluée? Le nouveau logiciel recensera ces cas, lesquels pourront être considérés comme faisant partie de l'évaluation du TWC.

À long terme, la nouvelle méthode devra être évaluée plus largement. Si elle est considérée comme une amélioration de l'actuelle méthode COYU, il sera alors nécessaire d'élaborer un plan de mise en œuvre de la méthode. Pour faciliter ce processus, un expert du Royaume-Uni a élaboré une enquête afin de déterminer quels membres de l'Union font appel à la méthode COYU et quel logiciel ils utilisent.

[Fin de l'annexe IV et du document]