

TGP/8/4 Draft 1**Original:** anglais**Date:** 1^{er} août 2019**PROJET
(RÉVISION)**

Document connexe à

l'introduction générale à l'examen de la distinction, de l'homogénéité et de la stabilité
et à l'harmonisation des descriptions des obtentions végétales (document TG/1/3)

DOCUMENT TGP/8**PROTOCOLE D'ESSAI ET TECHNIQUES UTILISÉS DANS L'EXAMEN DE LA DISTINCTION,
DE L'HOMOGÉNÉITÉ ET DE LA STABILITÉ**

Document établi par le Bureau de l'Union

aux fins d'examen par

*le Comité technique à sa cinquante-cinquième session
qui se tiendra à Genève les 28 et 29 octobre 2019,*

*le Comité administratif et juridique à sa soixante-seizième session
qui se tiendra à Genève le 30 octobre 2019*

et

*le Conseil à sa cinquante-troisième session ordinaire
qui se tiendra à Genève le 1^{er} novembre 2019*

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

TABLE DES MATIÈRES

PAGE

INTRODUCTION	5
PREMIÈRE PARTIE : PROTOCOLE D'ESSAI DHS ET ANALYSE DES DONNÉES	6
1. PROTOCOLE D'ESSAI DHS	6
1.1 Introduction.....	6
1.2 Cycles de végétation.....	6
1.2.1 Introduction.....	6
1.2.2 Cycles de végétation indépendants	7
1.3 Lieu des essais	7
1.3.1 But.....	7
a) Réduire au minimum l'ensemble de la période d'examen	8
b) Essai de réserve	8
c) Différentes conditions agroclimatiques	8
1.3.2 Utilisation d'informations provenant de plusieurs sites.....	8
a) Essais supplémentaires.....	8
b) Examen DHS au moyen de données relatives aux mêmes caractères examinés sur différents sites.....	8
1.4 Conditions relatives à la conduite des examens	9
1.5 Protocole d'essai.....	9
1.5.1 Introduction.....	9
1.5.2 Nombre de plantes dans l'essai.....	9
1.5.3 Configuration de l'essai.....	9
1.5.3.1 Introduction	9
1.5.3.2 Parcelles uniques.....	11
1.5.3.3 Parcelles obtenues par réplique (analyse statistique).....	12
1.5.3.3.1 Introduction.....	12
1.5.3.3.2 Parcelles obtenues par réplique pour l'analyse statistique de données relatives à des plantes isolées	12
1.5.3.3.3 Randomisation	12
1.5.3.3.4 Plans en blocs aléatoires incomplets.....	15
1.5.3.3.5 Protocole pour les comparaisons par paires entre certaines variétés	16
1.5.3.3.6 Aspects statistiques additionnels du protocole d'essai	17
1.5.3.3.6.1 Introduction	17
1.5.3.3.6.2 Les hypothèses mises au banc d'essai.....	17
1.5.3.3.6.3 Détermination de la taille optimale de l'échantillon	18
1.5.3.3.7 Éléments de l'essai lors de l'utilisation de l'analyse statistique.....	19
1.5.3.3.7.1 Introduction	19
1.5.3.3.7.2 Parcelles et blocs.....	20
1.5.3.3.7.3 Attribution des variétés aux parcelles	20
1.5.3.3.7.4 Taille, forme et configuration de la parcelle	21
1.5.3.3.7.5 Indépendance des parcelles	21
1.5.3.3.7.6 Disposition des plantes à l'intérieur de la parcelle/type de parcelle aux fins des observations.....	21
1.5.3.4 Essais aléatoires à l'aveugle	21
1.6 Évolution des méthodes.....	22
2. DONNÉES À ENREGISTRER.....	23
2.1 Introduction.....	23
2.2 Types d'expression des caractères	23
2.3 Types d'échelles de données	24
2.3.1 Données qualitatives	24
2.3.2 Données quantitatives.....	24
a) Échelle de rapport.....	25
b) Échelle d'intervalle.....	25
c) Échelle ordinale	26
2.3.3 Données pseudo-qualitatives.....	27
2.3.4 Résumé des différents types d'échelles	27
2.3.5 Niveaux d'échelle pour les descriptions variétales	27
2.3.6 Relation existant entre les types d'expression des caractères et les niveaux des données sur une échelle	27
2.3.7 Relation existant entre la méthode d'observation des caractères, le niveau des données sur une échelle et les méthodes statistiques recommandées.	28
2.4 Le caractère considéré à différents niveaux d'échelle	30
3. OPTIMISATION DE LA VARIATION DUE À DIFFÉRENTS OBSERVATEURS DANS UN MÊME ESSAI.....	34
3.1 Introduction.....	34
3.2 Formation et importance de fournir des indications claires sur les caractères et la méthode d'observation.....	34
3.3 Essai d'étalonnage.....	34

3.4	<i>Essai d'étalonnage pour les caractères QN/MG ou QN/MS</i>	35
3.5	<i>Essai d'étalonnage pour les caractères QN/VS ou QN/VG</i>	35
3.6	<i>Protocole d'essai</i>	36
3.7	<i>Kappa de Cohen : exemple</i>	36
3.8	<i>Références</i>	37
4.	VALIDATION DES DONNÉES ET DES HYPOTHÈSES	38
4.1	<i>Introduction</i>	38
4.2	<i>Validation des données</i>	38
4.3	<i>Hypothèses indispensables à l'analyse statistique et validation de ces hypothèses</i>	40
4.3.1	<i>Hypothèses indispensables à l'analyse statistique faisant intervenir l'analyse de variance</i>	40
4.3.1.1	<i>Introduction</i>	40
4.3.1.2	<i>Observations indépendantes</i>	40
4.3.1.3	<i>Homogénéité de la variance</i>	40
4.3.1.4	<i>Observations normalement distribuées</i>	41
4.3.1.5	<i>Additivité des plans en blocs et effets sur la variété</i>	42
4.3.2	<i>Validation des hypothèses indispensables à l'analyse statistique</i>	42
4.3.2.1	<i>Introduction</i>	42
4.3.2.2	<i>Derrière les données</i>	43
4.3.2.3	<i>Les figures</i>	43
5.	CHOIX DES MÉTHODES STATISTIQUES AUX FINS DE L'ÉVALUATION DE LA DISTINCTION	48
5.1	<i>Introduction</i>	48
5.2	<i>Méthodes statistiques à utiliser avec deux ou plus de deux cycles de végétation indépendants</i>	48
5.2.1	<i>Introduction</i>	48
5.3	<i>Résumé de certaines méthodes statistiques d'examen de la distinction</i>	50
5.4	<i>Conditions à remplir pour les méthodes statistiques d'examen de la distinction</i>	51
6.	MISE EN ESSAI CYCLIQUE DE VARIÉTÉS DE LA COLLECTION DE VARIÉTÉS POUR RÉDUIRE LA TAILLE DES ESSAIS	52
6.1	<i>Résumé des critères d'application de la méthode</i>	52
6.2	<i>Résumé</i>	52
6.3	<i>Mise en essai cyclique de variétés reconnues</i>	52
6.3.1	<i>Évaluation de la distinction par compensation des données</i>	53
6.3.2	<i>Méthode d'analyse pour déterminer la distinction</i>	54
6.3.3	<i>Détermination de l'homogénéité</i>	54
6.4	<i>Comparaison du système de mise en essai cyclique au système existant</i>	54
6.5	<i>Logiciel du système de mise en essai cyclique</i>	54
6.6	<i>Détails techniques additionnels et exemple d'analyse pour l'évaluation de la distinction</i>	54
6.6.1	<i>Exemple d'évaluation de la distinction</i>	55
6.7	<i>Bibliographie</i>	56

DEUXIÈME PARTIE : QUELQUES TECHNIQUES UTILISÉES DANS L'EXAMEN DHS 57

1.	LA MÉTHODOLOGIE GAIA	57
1.1	<i>Quelques bonnes raisons pour établir la somme des différences observées et pondérer celles-ci</i>	57
1.2	<i>Calcul de l'écart phénotypique par la méthode GAIA</i>	57
1.3	<i>Information détaillée sur la méthode GAIA</i>	58
1.3.1	<i>Pondérer les caractères</i>	58
1.3.2	<i>Exemples d'utilisation</i>	59
1.3.2.1	<i>Détermination de la "Distinction Plus"</i>	59
1.3.2.2	<i>Autres exemples d'utilisation</i>	60
1.3.3	<i>Calculer l'écart phénotypique par la méthode GAIA</i>	60
1.3.4	<i>Logiciel GAIA</i>	61
1.3.5	<i>Exemple : les données se rapportant à l'espèce Zea mays</i>	62
1.3.5.1	<i>Introduction</i>	62
1.3.5.2	<i>Analyse des notes</i>	62
1.3.5.3	<i>Électrophorèse</i>	63
1.3.5.4	<i>Analyse des mensurations</i>	65
1.3.5.5	<i>Mensurations et échelle de 1 à 9 pour le même caractère</i>	66
1.3.6	<i>Exemple de copie d'écran GAIA</i>	67
2.	FORMULE PARENTALE DES VARIÉTÉS HYBRIDES	70
2.1	<i>Introduction</i>	70
2.2	<i>Critères méthodologiques</i>	70
2.3	<i>Évaluation de l'originalité d'une nouvelle lignée parentale</i>	70
2.4	<i>Vérification de la formule</i>	71
2.5	<i>Homogénéité et stabilité des lignes parentales</i>	71
2.6	<i>Description de l'hybride</i>	71
3.	LE CRITÈRE GLOBAL DE LA DISTINCTION SUR PLUSIEURS ANNÉES (COYD)	72
3.1	<i>Résumé des modalités d'application de la méthode</i>	72
3.2	<i>Résumé</i>	72
3.3	<i>Introduction</i>	73
3.4	<i>La méthode COYD</i>	73

3.5	Utilisation de l'analyse COYD.....	74
3.6	Adapter l'analyse COYD à des circonstances particulières.....	75
3.6.1	Différences dans la gamme d'expression d'un caractère (entre les années)	75
3.6.2	Petites quantités de variétés au banc d'essai : l'analyse COYD et le long terme	75
3.6.3	Plantes présentant des caractères de groupement.....	76
3.7	Mise en œuvre de l'analyse COYD	76
3.8	Références.....	77
3.9	Méthodes statistiques COYD.....	80
3.9.1	Analyse de variance.....	80
3.9.2	Méthode de régression conjointe modifiée (MJRA).....	80
3.9.3	L'analyse COYD par rapport à d'autres critères.....	81
3.10	Logiciel COYD.....	81
3.11	Schémas utilisés pour l'application de l'analyse COYD.....	88
4.	MÉTHODE DU 2 X 1%.....	91
4.1	Critères d'utilisation de l'analyse	91
4.2	Le critère du 2x1% (Méthode)	91
5.	TEST DU KHI CARRÉ DE PEARSON APPLIQUÉ AUX TABLEAUX DE CONTINGENCE.....	93
6.	TEST EXACT DE FISHER.....	96
6.1	Évaluation de la distinction	96
7.	LE MODÈLE MATCH.....	99
7.1	Modalités d'application de la méthode	99
7.2	La méthode Match	99
8.	LA MÉTHODE D'ÉVALUATION DE L'HOMOGENÉITÉ FONDÉE SUR LES HORS-TYPES	100
8.1	Norme de population déterminée	100
8.1.1	Introduction.....	100
8.1.2	La méthode de l'évaluation de l'homogénéité pratiquée sur une plante cultivée	100
8.1.3	Questions à examiner lorsqu'on décide d'utiliser cette méthode	101
8.1.4	Exemples.....	102
8.1.5	Introduction aux tables et figures.....	106
8.1.6	Méthodes pour un essai unique.....	107
8.1.7	Méthode au-delà d'un essai unique (année)	108
8.1.8	Note sur l'équilibrage des erreurs de type I et de type II.....	108
8.1.9	Définition des termes et symboles statistiques.....	108
8.1.10	Tables et figures.....	110
9.	ANALYSE GLOBALE DE L'HOMOGENÉITÉ SUR PLUSIEURS ANNÉES (MÉTHODE D'ANALYSE COYU).....	117
9.1	Récapitulatif des critères d'utilisation de l'analyse	117
9.2	Résumé.....	117
9.3	Introduction.....	118
9.4	Analyse COYU.....	118
9.5	Utilisation de l'analyse COYU.....	119
9.6	Détails mathématiques	119
9.7	Décisions rapides en faveur d'un essai triennal.....	121
9.8	Exemple de calculs COYU.....	122
9.9	Mise en oeuvre de l'analyse COYU.....	124
9.10	Le logiciel COYU.....	124
9.10.1	Programme informatique DUST.....	124
9.11	Schémas utilisés pour l'application de l'analyse COYU.....	127
10.	ÉVALUATION DE L'HOMOGENÉITÉ SUR LA BASE DE LA MÉTHODE DE VARIANCE RELATIVE.....	130
10.1	Utilisation de la méthode de variance relative.....	130
10.2	Seuil pour différentes tailles d'échantillon	130
10.3	Le test de variance relative dans la pratique.....	130
10.4	Exemples de la méthode de variance relative.....	131
10.5	Corrélation entre la variance relative et l'écart type relatif	131
11.	EXAMEN DES CARACTÈRES AU MOYEN DE L'ANALYSE D'IMAGES.....	133
11.1	Introduction.....	133
11.2	Combinaison de caractères	133
11.3	Enregistrement des images : étalonnage et normalisation	133
11.4	Conclusions.....	135
11.5	Bibliographie	136
12.	EXAMEN DES CARACTÈRES SUR LA BASE D'ÉCHANTILLONS GLOBAUX	137

INTRODUCTION

Le but du présent document est de donner des conseils sur le protocole d'essai et l'analyse des données ainsi que des informations sur certaines techniques utilisées pour l'examen DHS. Le document est structuré comme suit :

PREMIÈRE PARTIE : PROTOCOLE D'ESSAI DHS ET ANALYSE DES DONNÉES. Elle fournit des orientations sur le protocole d'essai, la validation des données et les hypothèses à satisfaire pour l'analyse statistique.

DEUXIÈME PARTIE : TECHNIQUES UTILISÉES DANS L'EXAMEN DHS. Elle fournit des détails sur certaines techniques dont il est fait mention dans les documents TGP/9 "Examen de la distinction" et TGP/10 "Examen de l'homogénéité" lorsque des indications supplémentaires sont jugées nécessaires.

On trouvera dans l'aperçu schématique de la procédure d'examen de la distinction que contient la section 1 "Introduction" du document TGP/9 "Examen de la distinction" un aperçu des parties de la procédure d'examen de la distinction dans laquelle le protocole d'essai et les techniques traitées dans le présent document.

PREMIÈRE PARTIE : PROTOCOLE D'ESSAI DHS ET ANALYSE DES DONNÉES

1. PROTOCOLE D'ESSAI DHS

1.1 Introduction

1.1.1 Les principes directeurs d'examen, lorsqu'ils sont disponibles, donnent des conseils sur la manière d'effectuer l'examen. Un certain nombre de principes directeurs d'examen ont été élaborés, et de nouveaux sont sans cesse ajoutés à la liste, dont on trouvera une version actualisée dans le document TGP/2 "Liste des principes directeurs d'examen adoptés par l'UPOV" et sur le site Internet de l'UPOV (http://www.upov.int/fr/publications/tg_rom/). En l'absence de principes directeurs d'examen, l'UPOV recommande cependant de suivre la procédure ci-après pour la conduite de l'examen de la distinction, de l'homogénéité et de la stabilité.

Expérience d'autres membres de l'Union en matière d'examen DHS

1.1.2 Le service chargé de l'examen est invité à consulter le document TGP/5 "Expérience et coopération en matière d'examen DHS" (<http://www.upov.int/fr/publications/tgp/>) et la base de données GENIE (<http://www.upov.int/genie/fr>) pour déterminer si d'autres membres de l'Union ont une expérience pratique en matière d'examen DHS.

1.1.3 Lorsqu'une telle expérience est disponible, des experts sont invités à se mettre en rapport avec les membres de l'Union concernés en vue d'harmoniser, si possible, les procédures d'examen conformément aux principes énoncés dans l'Introduction générale. Ces membres de l'Union sont ensuite invités à informer l'UPOV de l'existence d'une procédure d'examen harmonisée, selon les modalités prévues dans le document TGP/5 "Expérience et coopération en matière d'examen DHS", ou, le cas échéant, à recommander à l'UPOV d'établir des principes directeurs d'examen pour l'espèce considérée.

Procédures d'examen DHS pour de nouvelles espèces ou de nouveaux groupements de variétés

1.1.4 Lorsque aucune expérience pratique en matière d'examen DHS n'est disponible dans d'autres pays membres de l'Union pour les espèces ou le groupement de variétés considérées, des experts devront mettre au point leurs propres procédures d'examen.

1.1.5 Lorsqu'ils élaborent de telles procédures d'examen, les services sont invités à observer les principes énoncés dans l'introduction générale (document TG/1/3) et les indications données dans le document TGP/7 "Élaboration des principes directeurs d'examen". Des indications supplémentaires figurent dans le document TGP/13 "Conseils pour les nouveaux types et espèces".

1.1.6 La procédure d'examen doit être consignée selon les modalités prévues dans les principes directeurs d'examen, dans la mesure où l'expérience et les informations disponibles le permettent.

1.1.7 Conformément aux conseils donnés dans l'Introduction générale et le document TGP/7, la présente section suit la structure de la section 3 "Méthode d'examen" des principes directeurs d'examen de l'UPOV.

1.2 Cycles de végétation¹

1.2.1 *Introduction*

1.2.1.1 Un élément clé des essais en culture est celui qui consiste à déterminer le nombre approprié de cycles de végétation. À cet égard, le document TGP/7, Annexe I : Modèle de principes directeurs d'examen, section 4.1.2, dispose ce qui suit :

"4.1.2 Différences reproductibles

"Les différences observées entre les variétés peuvent être suffisamment nettes pour qu'un deuxième cycle de végétation ne soit pas nécessaire. En outre, dans certains cas, l'influence du milieu

¹ Voir la section 3.1 des principes directeurs d'examen (document TGP/7 : annexe 1 : Modèle de principes directeurs d'examen).

n'appelle pas plus d'un cycle de végétation pour s'assurer que les différences observées entre les variétés sont suffisamment reproductibles. L'un des moyens de s'assurer qu'une différence observée dans un caractère lors d'un essai en culture est suffisamment reproductible consiste à examiner le caractère au moyen de deux observations indépendantes au moins."

1.2.1.2 Lorsqu'ils sont disponibles, les principes directeurs d'examen précisent le nombre recommandé de cycles de végétation. Lorsqu'ils formulent la recommandation, les experts rédigeant les principes directeurs d'examen de l'UPOV prennent en compte des facteurs tels que le nombre de variétés qui doivent être comparées durant l'essai en culture, l'influence de l'environnement sur l'expression des caractères et le degré de variation au sein des variétés, tenant compte des caractéristiques de multiplication de la variété, par exemple si c'est une variété à multiplication végétative, autogame, allogame ou hybride.

1.2.1.3 Lorsque l'UPOV n'a pas établi de principes directeurs d'examen pertinents pour une espèce particulière ou d'autres groupes, l'examen doit être effectué conformément aux principes énoncés dans l'introduction générale et notamment aux recommandations figurant dans la section 9 "Conduite de l'examen DHS en l'absence de principes directeurs d'examen" (voir les paragraphes 1.1.1 à 1.1.7).

1.2.2 *Cycles de végétation indépendants*

1.2.2.1 Comme indiqué dans la section 1.2.1.1, un des moyens de s'assurer qu'une différence observée dans un caractère lors d'un essai en culture est suffisamment reproductible consiste à examiner le caractère au moyen de deux observations indépendantes au moins.

1.2.2.2 En général, l'évaluation de l'indépendance repose sur l'expérience d'experts.

1.2.2.3 Lorsqu'on observe un caractère dans un essai en culture pendant deux cycles de végétation indépendants, on l'observe en général dans deux plantations ou semis séparés. Toutefois, dans le cas de quelques cultures pérennes comme les arbres fruitiers, les cycles de végétation revêtent la forme d'un essai observé deux années de suite.

1.2.2.4 Lorsque des cultures de plein champ ou en serre sont plantées ou semées plusieurs années de suite, elles sont considérées comme des cycles de végétation indépendants.

1.2.2.5 Lorsque les deux essais en culture sont conduits au même endroit et la même année, un intervalle approprié entre les plantations peut fournir deux cycles de végétation indépendants. Dans le cas des essais conduits en serre ou dans d'autres milieux soumis à un contrôle rigoureux, sous réserve que l'intervalle entre deux semis n'est pas "trop court", deux cycles de végétation sont considérés comme des cycles de végétation indépendants.

1.2.2.6 Lorsque deux cycles de végétation sont conduits pendant la même année et simultanément, une distance ou une différence appropriée dans les conditions de culture entre deux endroits peut répondre au critère d'indépendance.

1.2.2.7 La raison pour laquelle on utilise des cycles de végétation indépendants est que, si la différence observée dans un caractère découle d'une différence génotypique entre des variétés, cette différence doit alors être observée si les variétés sont à nouveau comparées dans des conditions semblables mais dans un cycle de végétation indépendant.

1.3 Lieu des essais²

1.3.1 *But*

1.3.1.1 Le document TGP/7, "Élaboration des principes directeurs d'examen", (voir Annexe I, Modèle de principes directeurs d'examen, section 3.2) précise que : "En règle générale, les essais doivent être conduits en un seul lieu". Il peut cependant être jugé approprié, par exemple, d'effectuer des essais en plus d'un site et ce, pour les raisons suivantes :

² Voir le chapitre 3.2 des principes directeurs d'examen (document TGP/7 : annexe 1 : Modèle de principes directeurs d'examen).

a) *Réduire au minimum l'ensemble de la période d'examen*

1.3.1.2 Plus d'un site peut être utilisé régulièrement comme par exemple pour obtenir plus d'un cycle de végétation indépendant la même année (voir dans la section 1.2.2.6). Cela pourrait réduire la longueur totale de la période d'examen et faciliter la prise plus rapide d'une décision.

b) *Essai de réserve*

1.3.1.3 Les autorités peuvent désigner un site d'essai primaire mais organiser un essai de réserve additionnel en un site distinct. En général, seules les données provenant du site primaire seraient utilisées mais, lorsque ce site ne fournit pas les résultats escomptés, l'essai de réserve serait disponible pour empêcher la perte des résultats d'une année sous réserve qu'il n'y ait pas eu d'interaction importante variété/site.

c) *Différentes conditions agroclimatiques*

1.3.1.4 Différents types de variétés peuvent nécessiter différentes conditions de culture agroclimatiques. Dans ces cas-là, l'obteneur serait tenu de préciser le type de variété candidate afin de permettre la distribution de la variété au lieu d'essai approprié. La section 1.3.2.2 "Essais supplémentaires" traite de la situation dans laquelle une variété doit être cultivée dans un milieu particulier aux fins de l'examen de certains caractères comme par exemple la robustesse en hiver. Dans de tels cas cependant, chaque variété sera étudiée en un site.

1.3.2 *Utilisation d'informations provenant de plusieurs sites*

1.3.2.1 Lorsque plus d'un site est utilisé, il importe d'arrêter en matière de décision des règles portant sur l'utilisation de données provenant des différents sites pour l'examen DHS et pour l'établissement des descriptions variétales. Les possibilités sont les suivantes :

a) *Essais supplémentaires*

1.3.2.2 Le document TGP/7 "Élaboration des principes directeurs d'examen" explique que, parallèlement à l'essai en culture principal, des essais supplémentaires peuvent être établis pour l'observation de caractères pertinents (voir le document TGP/7 : annexe 1 : Modèle de principes directeurs d'examen – section 3.6). Par exemple, des essais supplémentaires peuvent être effectués afin d'examiner des caractères particuliers comme par exemple les essais en serre pour déterminer la résistance aux maladies, les essais en laboratoire pour déterminer les composés chimiques, etc. Dans de tels cas, il est possible d'obtenir les données relatives à des caractères particuliers en un site différent de celui du principal essai en culture.

b) *Examen DHS au moyen de données relatives aux mêmes caractères examinés sur différents sites*

1.3.2.3 Afin de réduire au minimum l'ensemble de la période d'examen pour laquelle deux cycles de végétation indépendants sont recommandés (voir la section 1.3.1 a)), un deuxième site pourrait être utilisé pour vérifier la cohérence d'une différence observée sur le premier site. Ces cas s'appliqueraient normalement lorsque l'examen de la distinction est fondé sur des notes (voir les sections 5.2.1.1 b) et 5.2.3 du document TGP/9), et qu'il peut être considéré comme fondé sur le premier site.

1.3.2.4 Lorsque l'examen de la distinction repose sur une analyse statistique des données d'essai en culture obtenues dans le cadre de deux cycles de végétation indépendants ou plus (voir les sections 5.2.1.1 c) et 5.2.4 du document TGP/9), on pourrait juger souhaitable de regrouper les données provenant de différents sites, au lieu de différentes années, afin de réduire au minimum l'ensemble de la période d'examen ou de pouvoir utiliser les données d'un essai de réserve. Le bien-fondé d'une telle méthode dépendrait des traits de la culture concernée (voir la section 1.2). Il faudrait en particulier veiller à ce que les hypothèses nécessaires se matérialisent. À cet égard, il est à noter que l'analyse COYD a été expérimentée sur des données pendant différentes années et non pas sur des données provenant de différents sites.

1.4 Conditions relatives à la conduite des examens³

Le document TGP/7 "Élaboration de principes directeurs d'examen" explique que : "Les essais doivent être conduits dans des conditions assurant une croissance satisfaisante pour l'expression des caractères pertinents de la variété et pour la conduite de l'examen". S'il y a lieu, des conseils spécifiques seront donnés dans les principes directeurs d'examen pertinents.

1.5 Protocole d'essai⁴

1.5.1 Introduction

En général, l'examen DHS repose principalement sur un essai en culture. Il peut y avoir des essais en culture supplémentaires aux fins de l'examen DHS de caractères ou d'aspects particuliers comme par exemple des épis-lignes pour l'examen de l'homogénéité ou des essais de plein champ supplémentaires avec des plantes à différents stades de développement comme des arbres jeunes et mûrs. En outre, il peut y avoir des caractères qui doivent être soumis à des essais supplémentaires pour déterminer par exemple la résistance aux maladies. Les explications fournies dans les sections suivantes ont pour objet de donner des conseils sur les principes qui régissent les essais en culture.

1.5.2 Nombre de plantes dans l'essai

Le nombre de plantes dans l'essai est influencé par plusieurs facteurs tels que la structure génétique de la variété, le mode de reproduction de l'espèce, les caractéristiques agronomiques et la "faisabilité de l'essai". Les critères les plus importants pour déterminer le nombre de plantes sont la variabilité intravariétale et entre elles ainsi que la méthode d'examen de la distinction et de l'homogénéité.

1.5.3 Configuration de l'essai

1.5.3.1 Introduction

1.5.3.1.1 Le type de configuration de l'essai sera déterminé par les méthodes à utiliser pour l'évaluation de la distinction, de l'homogénéité et de la stabilité. Les méthodes à utiliser pour l'évaluation de la distinction sont expliquées dans la section 5.2.1 du document TGP/9 Examen de la distinction :

"5.2.1 Introduction

"5.2.1.1 Les méthodes d'évaluation de la distinction sur la base de l'essai en culture peuvent être résumées comme suit :

"a) Comparaison visuelle deux à deux dans le cadre de l'essai en culture (voir la section 5.2.2);

"b) Évaluation par des notes/notations globales pour la variété (ci-après dénommées "notes") : l'évaluation de la distinction est fondée sur le niveau d'expression retenu pour les caractères d'une variété (voir la section 5.2.3);

"c) Analyse statistique des données issues de l'essai en culture : l'évaluation de la distinction est fondée sur l'analyse statistique des données issues de l'essai en culture. Cette approche exige que, pour un caractère, il y ait un nombre suffisant de notations pour la variété (voir la section 5.2.4).

"5.2.1.2 Le choix de la méthode ou de la combinaison de méthodes d'évaluation de la distinction, lequel est influencé par les particularités de la reproduction sexuée ou de la multiplication végétative de la variété et par le type d'expression du caractère, dépend de la méthode d'observation et du type de notation (VG, MG, VS ou MS). Les situations les plus courantes sont résumées dans le tableau figurant dans la section 4.5. [...]."

1.5.3.1.2 Les méthodes à utiliser pour l'évaluation de l'homogénéité sont expliquées dans la section 2.5.1 du document TGP/10 "Examen de l'homogénéité" :

³ Voir le chapitre 3.3 des principes directeurs d'examen (document TGP/7 : annexe 1 : Modèle de principes directeurs d'examen).

⁴ Voir le chapitre 3.4 des principes directeurs d'examen (document TGP/7 : annexe 1 : Modèle de principes directeurs d'examen).

“2.5.1 Du type de variation de l'expression d'un caractère dans une variété dépend la façon dont ce caractère est utilisé en vue de déterminer l'homogénéité dans la plante. Dans les cas où il est possible de déterminer visuellement des plantes hors-type, il est recommandé d'utiliser la méthode fondée sur les plantes hors-type pour évaluer l'homogénéité. Dans les autres cas, on aura recours à la méthode fondée sur les écarts types. Ainsi, l'homogénéité d'une variété peut être déterminée d'après les plantes hors-type seulement, les écarts types seulement, ou les plantes hors-type pour certains caractères et les écarts types pour d'autres. Ces différents scénarios sont traités plus loin, à la section 6.”

1.5.3.1.3 Le document TGP/7 “Élaboration des principes directeurs d'examen”, ASW 5 Organisation des parcelles, identifie les types ci-après d'essai DHS :

ASW 5 (Section 3.4 du modèle) – Organisation des parcelles

a) *Parcelles simples*

“Chaque essai doit être conçu de manière à porter au total sur {...} [plantes] / [arbres] au moins”.

b) *Plantes isolées et parcelles en ligne*

“Chaque essai doit être conçu de manière à porter au total sur {...} plantes isolées et {...} mètres de parcelle en lignes au moins.”

c) *Répétitions*

“Chaque essai doit être conçu de manière à porter au total sur {...} plantes au moins, qui doivent être réparties en {...} répétitions”.

Les plantes isolées et les parcelles en ligne sont soumises à différents essais et, en particulier, ne constituent pas des répétitions (voir la section 1.5.3.3).

1.5.3.1.4 Les essais en parcelle unique sont appropriés lorsque la distinction est évaluée sur la base d'une comparaison visuelle deux à deux ou de notes/indications consignées relatives à une seule variété (voir la section 4.3.2.3 du document TGP/9) et lorsque l'homogénéité est évaluée par des plantes hors-type. En sont des exemples courants les variétés fruitières et ornementales à multiplication végétative.

1.5.3.1.5 Les parcelles obtenues par réplique sont appropriées lorsque l'évaluation de la distinction requiert, pour au moins quelques caractères, le calcul d'une moyenne variétale par observation ou mesure de groupes de plantes (voir la section 4.3.2.4 du document TGP/9) . Dans ces cas-là, l'homogénéité est en général évaluée sur la base de plantes hors-type. En sont des exemples courants les cultures agricoles autogames (p. ex. les céréales).

1.5.3.1.6 Les répétitions sont appropriées lorsque des notations pour un certain nombre de plantes ou parties de plantes isolées sont nécessaires pour l'analyse statistique de données végétales individuelles aux fins de l'évaluation de la distinction pour au moins quelques caractères (normalement des caractères quantitatifs) (voir la section 4.3.3 du document TGP/9) . Dans ces cas-là, l'homogénéité est évaluée, pour les caractères pertinents, en général, par écart type. En sont des exemples courants les variétés allogames.

1.5.3.1.7 Le tableau ci-après résume les types courants de protocole d'essai d'après la méthode d'examen de la distinction et d'homogénéité :

		HOMOGENÉITÉ	
		Méthode d'évaluation des plantes hors-type	Écart type
DISTINCTION	Comparaison visuelle deux à deux (VG)	Parcelles uniques (voir la section 1.5.3.2)	
	Notes/indications consignées relatives à une seule variété (VG/MG)	Parcelles uniques (voir la section 1.5.3.2)	
	Moyenne variétale Analyse statistique d'indications pour les données relatives à un groupe de plantes [Parcelles obtenues par réplique pour la consignation de données relatives à un groupe] (MG/MS)	Parcelles obtenues par réplique	
	Analyse statistique de données relatives à des plantes isolées (MS)		Parcelles obtenues par réplique (voir la section 1.5.7.3.3)

MG: mensuration unique d'un ensemble de plantes ou de parties de plantes

MS : mensuration d'un certain nombre de plantes isolées ou de parties de plantes

VG : évaluation visuelle fondée sur une seule observation faite sur un ensemble de plantes ou de parties de plantes

VS : évaluation visuelle fondée sur l'observation d'un certain nombre de plantes isolées ou de parties de plantes

(Voir les documents TGP/9 "Examen de la distinction", section 4 "Observation des caractères", et TGP/7, annexe I – Modèle de principes directeurs d'examen, ASW 7 b)).

1.5.3.1.8 Il arrive que, comme dans les conditions décrites dans la section 6.4 du document TGP/9, il peut s'avérer approprié de réaliser des essais "codés" randomisés. Dans ces cas-là, on peut utiliser des parcelles ou des parties de plantes prélevées de l'essai (p. ex. "Variétés en parcelles dans un dispositif randomisé" et "Parties de plantes de variétés" mentionnées dans la section 6.4.4 du document TGP/9). Dans d'autres cas, des plantes doivent être semées spécifiquement pour les essais "codés" randomisés comme des parcelles contenant des plantes des deux variétés, les plantes étant semées dans un ordre aléatoire mais connu. Dans ce cas, ces parcelles à mélange constituent physiquement une partie de l'essai en plein champ. Les essais "codés" randomisés peuvent également revêtir la forme d'un mélange de pots avec les deux variétés en serre, option également considérée comme une extension de l'essai. La configuration de ces essais "codés" randomisés est examinée dans la section 1.5.3.4.

1.5.3.2 Parcelles uniques

Ce protocole d'essai suppose que, pour chaque variété incluse dans l'essai, il y aura une parcelle unique et que l'examen de la distinction et de l'homogénéité se fera sur la même parcelle.

1.5.3.3 *Parcelles obtenues par réplique (analyse statistique)*

1.5.3.3.1 *Introduction*

On se sert de parcelles obtenues par réplique lorsque plus d'une notation globale par variété est nécessaire pour faire l'examen de la distinction. Les données d'un groupe de plantes peuvent être utilisées pour calculer une moyenne variétale et les données relatives aux plantes isolées peuvent l'être pour une analyse statistique.

1.5.3.3.2 *Parcelles obtenues par réplique pour l'analyse statistique de données relatives à des plantes isolées*

1.5.3.3.2.1 Lorsque l'évaluation de la distinction et de l'homogénéité repose sur l'analyse statistique de données relatives à des plantes isolées, l'essai portera sur plusieurs parcelles. Ces dernières seront en général groupées en parcelles obtenues par réplique de telle sorte que chacune d'elles contienne une parcelle de chaque variété. La répartition des variétés entre les parcelles fera intervenir la randomisation (voir la section 1.5.3.3.3). Mentionnons à titre d'exemples de protocoles d'essai dont on se sert lorsque l'analyse statistique est utilisée les suivants :

- Protocole complètement aléatoire et plans en blocs aléatoires complets (voir la section 1.5.3.3.3)
- Plans en blocs aléatoires incomplets (voir la section 1.5.3.3.4)
- Protocole pour les comparaisons par paires entre certaines variétés (voir la section 1.5.3.3.5)

1.5.3.3.2.2 La distinction peut être évaluée en faisant l'analyse statistique de tous les caractères ou de quelques caractères (en particulier des caractères quantitatifs) et d'autres caractères (en général des caractères pseudo-qualitatifs et qualitatifs) au moyen d'une comparaison visuelle deux à deux ou de notes/notations globales pour la variété selon que de soin.

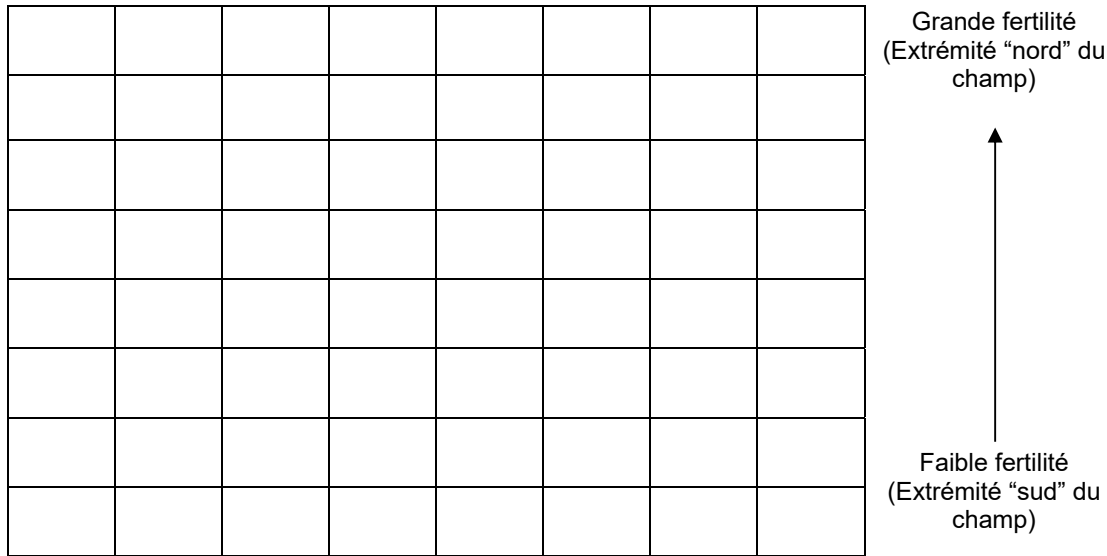
1.5.3.3.2.3 L'homogénéité peut être évaluée selon que de besoin au moyen de l'écart type de tous les caractères ou de quelques caractères ainsi qu'au moyen de plantes hors-type pour d'autres (voir la section 6.4 du document TGP/10/1).

1.5.3.3.3 *Randomisation*

1.5.3.3.3.1 S'il faut qu'il y ait des parcelles obtenues par réplique de chaque variété dans l'essai en culture, il s'agit de décider si ces parcelles doivent être groupées en blocs et comment elles doivent être alignées à l'intérieur d'un bloc, c'est-à-dire la conception expérimentale. Cela détermine comment la variation locale, indésirable ou de bruit nuisance variation est contrôlée et, partant, comment la distinction et l'homogénéité peuvent être évaluées avec précision. D'aucuns pensent par ailleurs que la variation émane de différentes sources et que cela peut influencer sur le choix de la taille des échantillons, ce qui a alors un impact sur la précision. Cette dernière est importante car elle a, à son tour, un impact sur la prise de décisions. Si les données manquent plutôt de précision et si les décisions reposent sur ces données, il est fort possible que seront alors prises des décisions inappropriées ou erronées. On en traitera ci-dessous.

1.5.3.3.3.2 Dans la conception d'une expérience, il est important de choisir une surface aussi homogène que possible afin de réduire au minimum la variation entre des parcelles de la même variété, c'est-à-dire la variation

aléatoire. Supposons que nous avons un champ où l'on sait que la variabilité la plus grande va dans le sens "nord-sud" comme par exemple dans la figure suivante :



1.5.3.3.3 Prenons un exemple. Quatre variétés doivent être comparées l'une avec l'autre au titre d'une expérience dans ce champ où chacune des variétés est attribuée à quatre différentes parcelles. Il est important de randomiser les variétés sur les parcelles. Si les variétés sont aménagées d'une manière systématique, elles ne le seraient pas nécessairement dans les mêmes conditions (voir la figure suivante).

Variété A	Variété A	Variété A	Variété A	Variété B	Variété B	Variété B	Variété B	Ligne à fertilité plus élevée
Variété C	Variété C	Variété C	Variété C	Variété D	Variété D	Variété D	Variété D	Ligne à fertilité plus faible

Si la fertilité du sol diminue de nord en sud du champ, les plantes des variétés A et B ont alors poussé sur des parcelles plus fertiles que les autres variétés. La comparaison des variétés est influencée par une différence de fertilité des parcelles. On dit que les différences entre les variétés sont confondues avec les différences en matière de fertilité.

1.5.3.3.4 Pour éviter de commettre des erreurs systématiques, il est souhaitable de randomiser les variétés dans le site. Une randomisation complète des quatre variétés dans les seize parcelles pourrait avoir eu pour résultat la configuration suivante :

Variété C	Variété A	Variété A	Variété B	Variété C	Variété D	Variété B	Variété C	Ligne à fertilité plus élevée
Variété C	Variété A	Variété D	Variété A	Variété D	Variété B	Variété D	Variété B	Ligne à fertilité plus faible

1.5.3.3.5 Toutefois, si l'on jette un coup d'oeil à la configuration, on constate que la variété C apparaît trois fois dans la première ligne (grande fertilité) et une fois seulement dans la deuxième (fertilité plus faible). Dans le cas de la variété D, on a la situation inverse. Comme nous savons qu'il y a un gradient de fertilité, ce n'est toujours pas une bonne configuration mais elle est meilleure que la première configuration systématique.

1.5.3.3.3.6 Lorsque nous savons qu'il y a des sources systématiques de variation comme le gradient de fertilité dans les paragraphes ci-dessus, nous pour prendre en compte cette information en construisant des soi-disant blocs. Les blocs doivent être constitués de sorte que la variation à l'intérieur de chaque bloc soit réduite au minimum. Avec les gradients supposés, nous pouvons choisir soit deux blocs comportant chacun une ligne ou quatre blocs – deux blocs dans chaque ligne avec quatre parcelles chacun. Dans les essais plus larges (un nombre plus élevé de parcelles), cette dernière option est le plus souvent la meilleure car il y aura également une variation dans les lignes encore que le gradient le plus grand se situe entre les lignes.

Bloc I				Bloc II				Ligne à fertilité plus élevée
Variété A	Variété C	Variété D	Variété B	Variété A	Variété C	Variété D	Variété B	
Variété B	Variété C	Variété A	Variété D	Variété C	Variété A	Variété D	Variété B	Ligne à fertilité plus faible
Bloc III				Bloc IV				

Une autre façon de réduire l'effet d'un gradient entre les colonnes consiste à utiliser des parcelles dont la largeur est de moitié mais qui s'étendent sur deux lignes, c'est-à-dire en utilisant des parcelles longues et étroites :

Bloc I				Bloc II				Bloc III				Bloc IV			
Var. A	Var. C	Var. D	Var. B	Var. A	Var. C	Var. D	Var. B	Var. B	Var. C	Var. A	Var. D	Var. C	Var. A	Var. D	Var. B

Dans les deux configurations ci-dessus, la variabilité "nord-sud" n'aura pas d'impact sur les comparaisons entre les variétés.

1.5.3.3.3.7 Dans un plan en blocs aléatoire complet, le nombre de parcelles par bloc est égal à celui des variétés. Toutes les variétés sont présentes une fois dans chaque bloc et l'ordre des variétés à l'intérieur de chaque bloc est randomisé. L'avantage d'un tel plan est que l'écart type entre les parcelles (variétés), une mesure de la variation aléatoire, ne contient pas de variations dues à des différences entre les blocs. La principale raison de la répartition aléatoire est qu'elle garantit l'impartialité des résultats qui représentent ainsi les variétés comparées. En d'autres termes, la moyenne variétale reflétera les véritables effets sur la variété et elle ne sera ni enflée ni réduite si elle a été attribuée à des parcelles implicitement meilleures ou pires. Une caractéristique de la randomisation est qu'elle fait se comporter les observations de parcelles isolées "se comporter" comme des observations indépendantes (même si elles peuvent ne pas l'être). L'établissement de blocs n'engendre normalement pas de coûts supplémentaires de telle sorte qu'il est recommandé d'aménager les parcelles en blocs.

1.5.3.3.3.8 L'établissement de blocs est fondé ici sur les différences en matière de fertilité. Plusieurs autres sources systématiques de variation auraient pu être utilisées comme base de cet établissement de blocs. Bien qu'il ne soit pas toujours clair à quel point le champ est hétérogène et que l'on ne sache donc pas comment aménager les blocs, il est en général judicieux de créer des blocs pour d'autres raisons. Lorsqu'il y a différents semoirs, différents observateurs, différentes journées d'observation, ces effets sont inclus dans l'écart type résiduel s'ils sont attribués de manière aléatoire aux parcelles. Ces effets peuvent cependant être éliminés de l'écart type résiduel si toutes les parcelles à l'intérieur de chaque bloc ont le même semoir, le même observateur, la même journée d'observation et ainsi de suite.

1.5.3.3.3.9 La gestion peut influencer sur le choix de la forme des parcelles. Pour quelques cultures, il peut s'avérer plus facile d'avoir des parcelles longues et étroites plutôt que des parcelles carrées. On estime en effet que les variétés se trouvant dans des parcelles adjacentes influent davantage sur les parcelles longues et étroites que sur les parcelles carrées. La taille des parcelles doit être choisie de manière telle que le nombre nécessaire de plantes à des fins d'échantillonnage soit disponible. Pour quelques cultures, il peut également s'avérer nécessaire d'avoir des plantes (aires) de protection afin d'éviter d'importants effets de concurrence. Ceci étant, les parcelles excessivement grandes nécessitent plus de terre et elles accentueront souvent la variabilité aléatoire entre les parcelles. Cultiver ensemble des variétés physiquement voisines, par exemple des variétés de hauteur similaire, peut également réduire la concurrence entre des parcelles adjacentes. Si on ignore tout de la fertilité de la zone, ce seront des configurations avec des blocs compacts (c'est-à-dire des blocs quasiment carrés) qui seront souvent la méthode la plus appropriée car, plus grande est la distance entre deux parcelles plus différentes elles seront en général. Dans les deux plans ci-dessus, les blocs peuvent

être placés comme indiqué ou ils pourraient être placés "l'un au-dessus de l'autre" (voir la figure ci-après). Cela ne changera normalement pas beaucoup la variabilité entre les parcelles à moins qu'une des configurations ne contraigne le phytotechnicien à utiliser un sol plus hétérogène.

Variété A	Variété C	Variété D	Variété B	Bloc I	Ligne à fertilité plus élevée
Variété A	Variété C	Variété D	Variété B	Bloc II	
Variété B	Variété C	Variété A	Variété D	Bloc III	Ligne à fertilité plus faible
Variété C	Variété A	Variété D	Variété B	Bloc IV	

1.5.3.3.4 Plans en blocs aléatoires incomplets

1.5.3.3.4.1 Si le nombre des variétés augmente considérablement (>20 à 40), il peut s'avérer impossible de construire des blocs complets qui seraient suffisamment homogènes. Dans ce cas-là, il pourrait être avantageux de former des blocs plus petits, chacun d'eux contenant une fraction seulement du nombre total des variétés. Ces plans sont appelés plans en blocs incomplets. On peut trouver dans la littérature plusieurs types desdits plans comme par exemple les plans en blocs incomplets équilibrés et les plans en blocs incomplets partiellement équilibrés tels que les plans en treillis et les plans en lignes et colonnes. Un des plans les plus familiers pour les examens de variétés est celui du plan en treillis. Les plans en treillis généralisés (également appelés plans α) sont très flexibles et peuvent être construits pour n'importe quel nombre de variétés ainsi que pour une vaste gamme de tailles de blocs et un grand nombre de répétitions. Une des caractéristiques des plans en treillis généralisés est que les blocs incomplets forment la répétition tout entière. Cela signifie que ces plans seront au moins aussi bons que les plans en blocs complets aléatoires puisque l'analyse peut être faite au moyen soit d'un plan en treillis soit d'un plan en blocs complets randomisé. C'est le plan en treillis qui devrait recevoir la préférence si toutes les conditions sont remplies. La détermination de la taille optimale des sous-blocs dépend de plusieurs facteurs comme la variabilité du sol et les différentes sensibilités des caractères à cette variabilité. Toutefois, faute d'informations disponibles, p. ex. sur le premier essai, le nombre applicable de sous-blocs pourrait être appliqué comme un nombre entier proche de la racine carrée du nombre de variétés. Dans ce cas-là, on aurait besoin pour 100 variétés de 10 sous-blocs.

1.5.3.3.4.2 Les blocs incomplets doivent être construits d'une manière telle qu'il est possible de comparer avec efficacité toutes les variétés. On trouvera dans la figure suivante un exemple d'un plan α :

Bloc I	Sous-bloc I	Variété F	Variété E	Variété O	Variété S
	Sous-bloc II	Variété M	Variété H	Variété J	Variété T
	Sous-bloc III	Variété B	Variété C	Variété D	Variété G
	Sous-bloc IV	Variété L	Variété A	Variété R	Variété N
	Sous-bloc V	Variété Q	Variété K	Variété P	Variété I

Bloc II	Sous-bloc I	Variété D	Variété P	Variété F	Variété A
	Sous-bloc II	Variété R	Variété E	Variété J	Variété B
	Sous-bloc III	Variété N	Variété G	Variété Q	Variété H
	Sous-bloc IV	Variété K	Variété S	Variété M	Variété C
	Sous-bloc V	Variété O	Variété I	Variété T	Variété L

Bloc III	Sous-bloc I	Variété D	Variété T	Variété E	Variété Q
	Sous-bloc II	Variété B	Variété M	Variété A	Variété I
	Sous-bloc III	Variété C	Variété F	Variété L	Variété H
	Sous-bloc IV	Variété R	Variété G	Variété K	Variété O
	Sous-bloc V	Variété P	Variété J	Variété N	Variété S

Dans l'exemple ci-dessus, 20 variétés doivent être cultivées dans un essai avec trois répétitions. Dans la configuration, les cinq sous-blocs de chacun des plans forment une répétition complète. Par conséquent, chaque répétition contient toutes les variétés alors que les paires de variétés n'apparaissent qu'une fois ou pas du tout dans le même sous-bloc. Note : dans les ouvrages, les blocs et sous-blocs sont parfois appelés superblocs et blocs.

1.5.3.3.4.3 Le plan en blocs incomplet est celui qui se prête le mieux aux essais lorsque font défaut les caractères de groupement. Si ces caractères sont disponibles, il se peut qu'une modification soit avantageuse pour les essais réalisés avec nombre de variétés, comme l'utilisation de caractères de groupement pour former des essais distincts plutôt qu'un essai unique (voir la section 2.3 du document TGP/9/1 intitulée "Groupement des variétés sur la base des caractères").

1.5.3.3.5 Protocole pour les comparaisons par paires entre certaines variétés

1.5.3.3.5.1 Lorsqu'il faut faire au moyen d'une analyse statistique une étroite comparaison entre une paire de variétés, il peut s'avérer approprié de les cultiver dans les parcelles voisines. Une théorie similaire à celle utilisée dans les plans à parcelles divisées peut servir à établir un plan dans le cadre duquel les comparaisons entre certaines paires de variétés doivent être optimisées. Lorsque le plan est mis en place, les paires de variétés sont traitées comme le facteur parcelle entier, la comparaison entre les variétés dans chaque paire étant le sous-facteur parcelle. Étant donné que chaque parcelle entière se compose de deux sous-parcelles seulement, les comparaisons à l'intérieur des paires seront (beaucoup) plus précises que si on utilisait un plan en blocs randomisé.

1.5.3.3.5.2 Si, par exemple, quatre paires de variétés (A-B, C-D, E-F et G-H) doivent être comparées de manière très précise, on peut le faire en utilisant le plan suivant de 12 parcelles entières qui ont chacune 2 sous-parcelles :

Paire 1 variété A	Paire 3 variété E	Paire 4 variété H
Paire 1 variété B	Paire 3 variété F	Paire 4 variété G
Paire 3 variété F	Paire 2 variété D	Paire 1 variété A
Paire 3 variété E	Paire 2 variété C	Paire 1 variété B
Paire 4 variété G	Paire 1 variété B	Paire 2 variété C
Paire 4 variété H	Paire 1 variété A	Paire 2 variété D
Paire 2 variété D	Paire 4 variété H	Paire 3 variété E
Paire 2 variété C	Paire 4 variété G	Paire 3 variété F

Dans ce plan, chaque colonne représente une répétition qui, chacune, est ensuite divisée en quatre blocs incomplets (parcelles entières) comprenant chacun deux sous-parcelles. Les quatre paires de variétés sont randomisées pour les blocs incomplets à l'intérieur de chaque répétition et l'ordre des variétés est quant à lui randomisé à l'intérieur de chaque bloc incomplet. La comparaison entre des variétés de la même paire est rendue plus précise aux dépens de la précision de la comparaison entre des variétés d'une paire différente.

1.5.3.3.6 Aspects statistiques additionnels du protocole d'essai

1.5.3.3.6.1 Introduction

1.5.3.3.6.1.1 La présente section décrit plusieurs concepts à prendre en considération dans la planification des essais en culture pour lesquels la distinction et/ou l'homogénéité doivent être examinées au moyen d'une analyse statistique des données sur les essais en culture.

1.5.3.3.6.2 Les hypothèses mises au banc d'essai

1.5.3.3.6.2.1 Lorsqu'il faut recourir à une analyse statistique des données relatives aux essais en culture pour déterminer la distinction et/ou l'homogénéité, le but de l'essai en culture est d'obtenir des moyennes objectives et précises des caractères de chaque variété mais aussi d'évaluer la variabilité intravariétale en calculant l'écart type. Les examens de la distinction des variétés sont effectués en se fondant sur les moyennes des caractères. Du type de variation de l'expression d'un caractère dans une variété dépend la façon dont ce caractère est utilisé en vue de déterminer l'homogénéité dans la plante. Dans les cas où il est possible de déterminer visuellement des plantes hors-type, il est recommandé d'utiliser la méthode fondée sur les plantes hors-type pour évaluer l'homogénéité. Dans les autres cas, on aura recours à la méthode fondée sur les écarts types.

1.5.3.3.6.2.2 Dans l'évaluation de la distinction et de l'homogénéité, nous expérimentons une hypothèse nulle (H_0) que nous acceptons ou que nous rejetons. Si nous la rejetons, nous acceptons une hypothèse alternative (H_1). Dans le tableau ci-après, on trouvera les hypothèses nulle ou alternative sur lesquelles reposent décisions en matière de distinction et d'homogénéité :

	Hypothèse nulle (H_0)	Hypothèse alternative (H_1)
<i>Distinction</i>	Deux variétés ne sont pas distinctes pour le caractère.	Deux variétés sont distinctes.
<i>Homogénéité</i>	Une variété est homogène pour le caractère.	Une variété n'est pas homogène.

1.5.3.3.6.2.3 Chaque évaluation est faite en calculant une statistique d'essai à partir des observations au moyen d'une formule. Si la valeur absolue de cette statistique est supérieure à sa valeur critique choisie, l'hypothèse nulle (H_0) est rejetée, l'hypothèse alternative (H_1) est acceptée et l'essai est appelé significatif. Si la valeur de la statistique d'essai n'est pas supérieure à sa valeur critique choisie, l'hypothèse nulle (H_0) est acceptée. On expliquera ci-dessous le choix de la valeur critique à laquelle la statistique d'essai est comparée.

1.5.3.3.6.2.4 Il sied de noter que, si l'hypothèse nulle (H_0) est rejetée pour la distinction, on en conclut que la variété candidate est distincte.

1.5.3.3.6.2.5 Par contre, si l'hypothèse nulle (H_0) est rejetée pour l'homogénéité, la variété candidate est considérée comme non homogène.

1.5.3.3.6.2.6 La statistique d'essai repose sur un échantillon de plantes, expérimentées dans un échantillon de conditions de culture. Par conséquent, s'il fallait répéter la procédure à une époque différente, on obtiendrait pour la statistique d'essai une valeur différente. En raison de la variabilité inhérente, il est possible

d'arriver à une conclusion différente de celle à laquelle on arriverait si l'essai pourrait être répété indéfiniment. Ces "erreurs statistiques" peuvent se produire de deux façons. Examinons d'abord les conclusions en matière de distinction :

- La conclusion fondée sur la statistique d'essai, c'est-à-dire de l'essai DHS, est que deux variétés sont distinctes lorsque, si l'essai pouvait être répété indéfiniment, elles ne seraient pas distinctes. C'est ce qu'on appelle une erreur de type I et son risque est indiqué par α .
- La conclusion fondée sur la statistique d'essai, c'est-à-dire de l'essai DHS, est que deux variétés ne sont pas distinctes lorsque, si l'essai pouvait être répété indéfiniment, elles seraient distinctes. C'est ce qu'on appelle une erreur de type II et son risque est indiqué par β .

Conclusion si l'essai pouvait être répété indéfiniment	Conclusion fondée sur la statistique d'essai	
	Les variétés ne sont pas distinctes (H_0 true)	Les variétés sont distinctes (H_1 true)
Les variétés sont distinctes (H_1 true)	Résultat différent, erreur de type II, faite avec la probabilité β	Résultat identique
Les variétés ne sont pas distinctes (H_0 true)	Résultat identique	Résultat différent, erreur de type I, faite avec la probabilité α

1.5.3.3.6.2.7 De même, il est possible, lorsqu'il faut déterminer l'homogénéité sur la base d'une statistique d'essai, c'est-à-dire de l'essai DHS, de décider qu'une variété n'est pas homogène lorsque, si l'essai pouvait être répété indéfiniment, la variété serait homogène, c'est-à-dire une erreur de type I (α). Par ailleurs, une erreur de type II (β) est la conclusion fondée sur une statistique d'essai qu'une variété est homogène lorsque, si l'essai pouvait être répété indéfiniment, la variété ne serait pas homogène. Le tableau ci-après montre deux types d'erreur statistique qui peuvent être commises lorsqu'on fait un examen d'homogénéité :

Conclusion si l'essai pouvait être répété indéfiniment	Conclusions fondées sur la statistique d'essai	
	La variété est homogène (H_0 true)	La variété n'est pas homogène (H_1 true)
La variété est homogène (H_0 true)	Résultat identique	Résultat différent, erreur de type I, faite avec la probabilité α
La variété n'est pas homogène (H_1 true)	Résultat différent, erreur de type II, faite avec la probabilité β	Résultat identique

1.5.3.3.6.2.8 Le risque de commettre une erreur de type I peut être facilement maîtrisé en choisissant un α , qui est la valeur critique à laquelle la statistique d'essai est comparée. α représente également la taille et le niveau de signification de l'essai. Le risque de commettre une erreur de type II est plus difficile à maîtriser car il dépend, dans le cas de la distinction par exemple, de l'ampleur de la différence effective entre les variétés, le α choisi et la précision de l'essai qui est déterminée par le nombre de répétitions et la variabilité inhérente des mensurations. Le phytotechnicien peut réduire le risque de commettre une erreur de type II en renforçant la précision, p. ex. en accroissant le nombre de répétitions, en réduisant la variabilité aléatoire du choix du nombre de plantes par parcelle (ou taille de l'échantillon), en contrôlant les variations locales ou indésirables en choisissant soigneusement le plan expérimental et en améliorant la façon dont les mensurations/observations sont faites, ce qui permet de réduire l'erreur de l'observateur.

1.5.3.3.6.3 Détermination de la taille optimale de l'échantillon

1.5.3.3.6.3.1 La précision d'un essai ne dépend pas de la taille d'un échantillon uniquement. La précision d'un essai fondée sur les observations d'une expérience dépend également, pour les caractères quantitatifs par exemple, de trois sources au moins de variation :

- la variation entre les plantes isolées d'une parcelle, c'est-à-dire la variance "à l'intérieur d'une parcelle" ou des "plantes" : un mélange de différentes sources de variation comme différentes plantes, différentes époques d'observation et différentes erreurs de mensuration;
- la variation entre les parcelles à l'intérieur d'un bloc, c'est-à-dire la variance "entre parcelles" ou des "parcelles";

- la variation causée par l'environnement, c'est-à-dire la variation dans l'expression des caractères d'une année à l'autre (ou d'un site à l'autre).

1.5.3.3.6.3.2 Pour estimer la taille optimale de l'échantillon pour un caractère quantitatif, il est nécessaire de connaître les écarts type des sources de variation susmentionnées, les différences attendues entre les variétés qui doivent être significatives, le nombre de variétés et le nombre de blocs au banc d'essai. De plus, il est nécessaire de déterminer les probabilités d'erreur de type I (α) et de type II (β). Le calcul de la taille optimale de l'échantillon pour chaque caractère permet de déterminer la taille optimale de l'échantillon de cet essai pour tous les caractères quantitatifs. Dans le cas en particulier de l'examen de l'homogénéité, l'erreur de type II est parfois plus importante que celle de type I. Dans certains cas, l'erreur de type II pourrait être supérieure à 50%, ce qui peut être inacceptable.

1.5.3.3.6.3.3 La précision de la moyenne variétale dans le cadre d'une expérience d'un an ou d'un cycle dépend du nombre de répétitions, du nombre de plantes par parcelle et de la conception expérimentale. Lorsque ces moyennes sont utilisées dans l'analyse sur un an ou sur un cycle de COYD par exemple, leur précision n'est qu'indirectement avantageuse car l'écart type dans cette analyse repose sur l'interaction entre les variétés et les années ou cycles. Qui plus est, si les différences entre les variétés sur les années ou les cycles sont très grandes, la précision des moyennes par expérience ne revêt relativement guère d'importance.

1.5.3.3.6.3.4 Lorsqu'ils sont disponibles, les principes directeurs d'examen de l'UPOV recommandent la taille appropriée d'un échantillon pour l'essai dans son ensemble, compte tenu des facteurs expliqués ci-dessus.

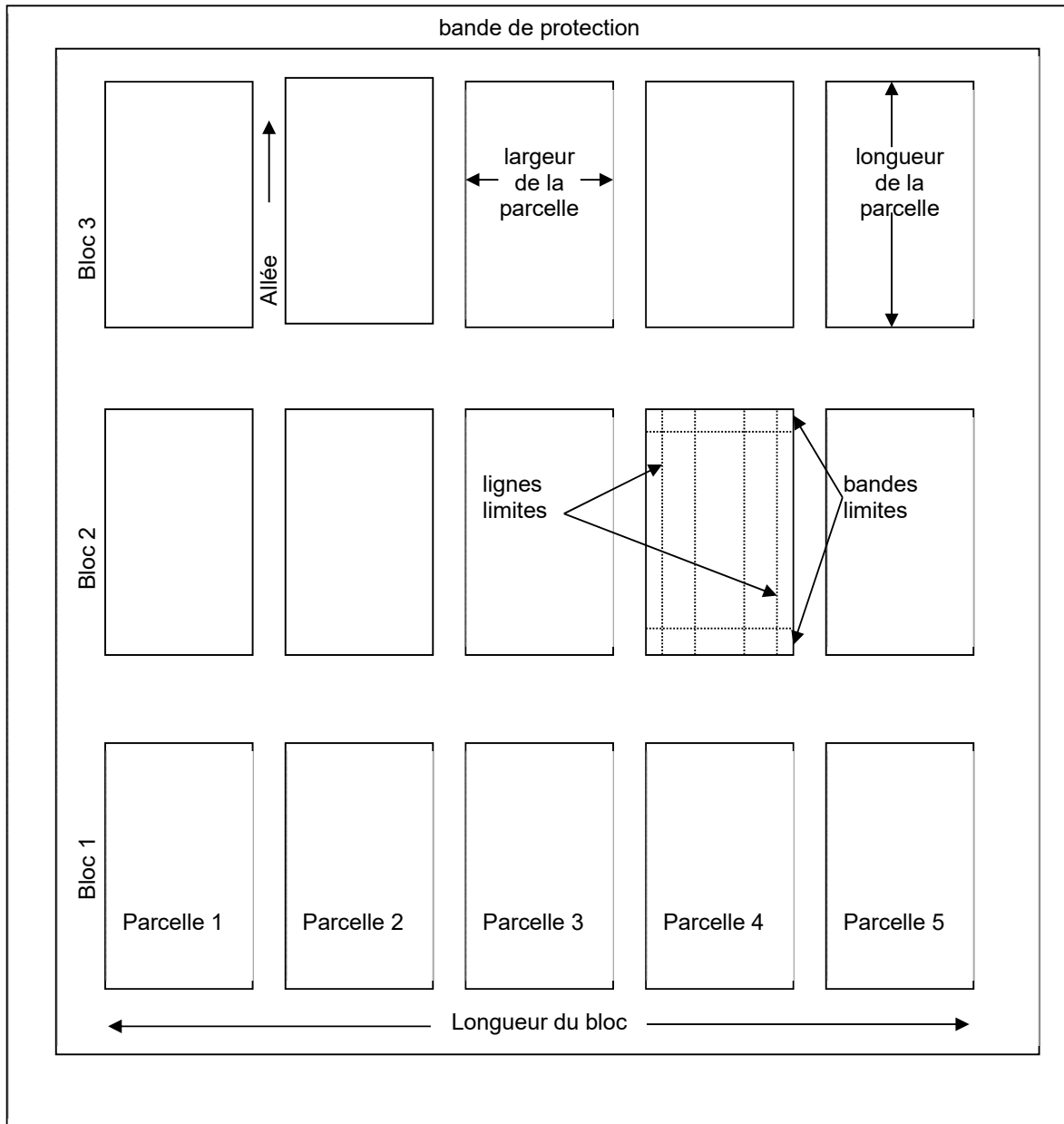
1.5.3.3.7 Éléments de l'essai lors de l'utilisation de l'analyse statistique

1.5.3.3.7.1 Introduction

1.5.3.3.7.1.1 Dans la configuration d'un essai, il est important de prendre en compte la variation locale des conditions. À cette fin, il faut décider de la taille de la parcelle, de la forme des parcelles, de l'alignement des parcelles, des lignes et bandes limites ainsi que des bandes de protection.

1.5.3.3.7.1.2 Lorsqu'on évalue la distinction, il faut faire une observation objective des caractères. Dans certains cas, il est nécessaire d'avoir des lignes et bandes limites pour réduire au minimum le biais causé par une interférence interparcellaire, c'est-à-dire l'interférence entre des plantes sur différentes parcelles et autres effets limites particuliers comme l'ombrage et l'humidité du sol. Par ailleurs, on utilise souvent des bandes de protection à la limite de l'essai pour réduire la possibilité de voir des facteurs extérieurs privilégier une parcelle plutôt qu'une autre. Lorsqu'on observe les caractères des plantes d'une parcelle, on en exclut normalement les lignes et les bandes limites.

1.5.3.3.7.1.3 La figure suivante peut aider à expliquer en partie les éléments particuliers de l'essai :



1.5.3.3.7.2 Parcelles et blocs

Une parcelle est l'unité expérimentale à laquelle les variétés sont attribuées. Elle contient des plantes de la même variété. En fonction du type d'essai en culture, une parcelle peut être une superficie de terre ou un groupe de plantes en pots. Un bloc est un groupe de parcelles à l'intérieur duquel les variétés sont attribuées. Un essai en culture peut ne contenir qu'un bloc ou il peut en contenir plus d'un.

1.5.3.3.7.3 Attribution des variétés aux parcelles

1.5.3.3.7.3.1 Plusieurs facteurs influenceront sur la décision d'attribuer des variétés à des parcelles, en particulier la méthode retenue pour examiner la distinction (voir la section 1.5.3.1.1) et l'homogénéité (voir la section 1.5.3.1.2).

1.5.3.3.7.3.2 Lorsque la distinction est évaluée par analyse statistique des données sur un essai en culture, il faut, en fonction du protocole d'essai recourir à la randomisation ou la randomisation partielle afin de s'assurer que l'attribution des variétés n'est en rien subjective. L'attribution aléatoire garantit que, dans l'ensemble, les effets d'autres facteurs influant sur les caractères des plantes comme les conditions pédologiques sont appelés à se neutraliser lorsqu'on compare les moyennes variétales.

1.5.3.3.7.3 Les sections 1.5.3.2 et 1.5.3.3.1 à 1.5.3.3.5 fournissent de plus amples détails sur les différentes façons d'attribuer les variétés dans des parcelles et des blocs.

1.5.3.3.7.4 Taille, forme et configuration de la parcelle

1.5.3.3.7.4.1 La section 3 des principes directeurs d'examen "Méthode d'examen" donne des informations sur la durée de l'essai, le lieu de l'essai, le protocole d'essai, le nombre de plantes ou de parties de plantes à examiner ainsi que sur les essais supplémentaires qui peuvent être utilisés pour l'examen des caractères pertinents. Les principes directeurs d'examen peuvent indiquer le type de notation requis pour l'examen de la distinction (notation unique pour un groupe de plantes ou parties de plantes (G) ou notations pour un certain nombre de plantes ou parties de plantes isolées (S)). L'homogénéité en revanche est examinée sur la base de l'échantillon tout entier à l'examen par la méthode fondée sur les plantes hors-type et/ou la méthode fondées sur les écarts types (voir la section du document TGP/10). Ces méthodes permettront de déterminer la taille de l'échantillon, c'est-à-dire le nombre de plantes qui doivent être observées et, partant, de déterminer la taille minimale efficace de la parcelle. Pour décider de la taille réelle de la parcelle, il faut tenir compte des lignes et bandes limites nécessaires.

1.5.3.3.7.4.2 La taille et la forme de la parcelle dépendent également du sol et autres conditions pédologiques, du matériel d'irrigation ou des engins d'ensemencement et de récolte. La forme de la parcelle peut être définie comme étant le rapport de la longueur de la parcelle divisé par sa largeur. Ce rapport peut être important pour atténuer les variations des conditions qui règnent à l'intérieur du bloc (p. ex. celle causée par la variation du sol).

1.5.3.3.7.4.3 Ce sont les parcelles carrées qui ont la longueur totale des limites la plus petite (circonférence). D'un point de vue théorique, la forme carrée est la meilleure pour réduire au minimum l'interférence de différents phénotypes. Le groupement des variétés peut également aider à réduire au minimum cette interférence.

1.5.3.3.7.4.4 D'un point de vue technologique, on préfère travailler avec des parcelles longues et étroites. Le meilleur rapport entre la longueur et la largeur se situe entre 5:1 et 15:1 et il dépend de la taille de la parcelle et du nombre de variétés. Plus le nombre de variétés dans un bloc est élevé, plus étroites sont les parcelles mais pas à ce point étroites que la concurrence entre les parcelles devient un problème.

1.5.3.3.7.5 Indépendance des parcelles

1.5.3.3.7.5.1 Lorsqu'il faut évaluer la distinction et l'homogénéité au moyen d'une analyse statistique des données relatives aux essais en culture, une des conditions les plus importantes des unités expérimentales est l'indépendance.

1.5.3.3.7.5.2 Par indépendance des parcelles, on entend que les observations effectuées sur une parcelle ne sont pas influencées par les conditions dans lesquelles se trouvent d'autres parcelles. Par exemple, si des variétés hautes sont plantées à côté de variétés courtes, les premières pourraient avoir une influence négative sur les secondes et vice versa. Dans ce cas-là, afin d'éviter cette dépendance, on peut planter une ligne additionnelle de plantes des deux côtés de la parcelle, c'est-à-dire des lignes et bandes limites. Une autre possibilité de réduire au minimum cette influence consiste à cultiver ensemble des variétés physiquement voisines.

1.5.3.3.7.6 Disposition des plantes à l'intérieur de la parcelle/type de parcelle aux fins des observations

Les principes directeurs d'examen peuvent préciser les types de parcelle à utiliser pour l'essai en culture (p. ex. plantes isolées, parcelle en ligne, etc.) afin d'examiner la distinction ainsi que l'homogénéité et la stabilité.

1.5.3.4 Essais aléatoires à l'aveugle

1.5.3.4.1 Une partie d'un essai peut consister à semer des parcelles spécifiquement pour y effectuer des essais aléatoires "à l'aveugle" comme des parcelles contenant des plantes des deux variétés entre lesquelles il faut faire une distinction, les plantes étant semées dans un ordre aléatoire mais connu ou comme un mélange de pots avec deux variétés dans une serre. Les deux variétés comprennent la variété candidate et la variété avec laquelle la distinction de la variété candidate est contestée. Le principe des essais aléatoires "à l'aveugle" est que les plantes sont présentées à un juge, parfois l'obteneur, qui est invité à dire plante par plante celle qui est la variété candidate et celle qui est l'autre variété.

1.5.3.4.2 À cette fin, les plantes doivent être présentées ou semées dans un ordre aléatoire mais, pour que l'examineur sache de quelle variété il s'agit, le juge évalue chaque plante et l'examineur compte le nombre de fois que les différentes variétés sont correctement identifiées. Pour renforcer la "cécité" de l'essai, on présente au juge un nombre différent de plantes de chacune des deux variétés, par exemple 51 de la variété candidate et 69 de l'autre au lieu de 60 de chacune. Étant donné qu'il peut se produire des différences à différents stades de croissance, le juge peut évaluer les plantes plus d'une fois.

1.6 Évolution des méthodes

Les modifications apportées aux méthodes d'examen DHS peuvent avoir un impact significatif sur les décisions. C'est pourquoi, il sied de veiller à ce que les décisions de changer les méthodes soient cohérentes.

2. DONNÉES À ENREGISTRER

2.1 Introduction

Les sections 4.4 et 4.5 du document TGP/9 sur l'examen de la distinction donnent les indications suivantes sur la méthode d'observation aux fins de l'évaluation de la distinction en fonction du type d'expression du caractère et de la méthode de reproduction ou de multiplication de la variété :

"4.4 Recommandations figurant dans les principes directeurs d'examen de l'UPOV

"Les indications figurant dans les principes directeurs d'examen de l'UPOV sur la méthode d'observation et le type de notation pour l'examen de la distinction sont les suivantes :

"Méthode d'observation

"M : à mesurer (observation objective sur une échelle linéaire étalonnée, à l'aide par exemple d'une règle, d'une balance, d'un colorimètre, de dates, de dénombrements, etc.);

"V : à observer visuellement (comprend des observations pour lesquelles l'expert utilise des références (par exemple, des diagrammes, des variétés indiquées à titre d'exemples, des comparaisons deux à deux) ou des chartes (par exemple, des chartes de couleur). On entend par observation "visuelle" les observations sensorielles de l'expert et cela inclut donc aussi l'odorat, le goût et le toucher.

"Type de notation(s)

"G : notation globale pour une variété ou pour un ensemble de plantes ou parties de plantes;

"S : notations pour un certain nombre de plantes ou parties de plantes isolées

"Aux fins de l'examen de la distinction, les observations peuvent donner lieu à une notation globale pour un ensemble de plantes ou parties de plantes (G), ou à des notations pour un certain nombre de plantes ou parties de plantes isolées (S). Dans la plupart des cas, la lettre "G" correspond à une notation globale dans le cadre d'une analyse plante par plante par variété, et il n'est pas possible, ni nécessaire de recourir à des méthodes statistiques pour évaluer la distinction.

"4.5 Résumé

"Le tableau ci-dessous résume la méthode d'observation commune et le type de notation aux fins de l'évaluation de la distinction, quoique certaines exceptions puissent exister :

Méthode de reproduction ou de multiplication de la variété	Type d'expression du caractère		
	QL	PQ	QN
Variété à multiplication végétative	VG	VG	VG/MG/MS
Variété autogame	VG	VG	VG/MG/MS
Variété allogame	VG/(VS*)	VG/(VS*)	VS/VG/MS/MG
Variété hybride	VG/(VS*)	VG/(VS*)	**

* Les observations effectuées sur des plantes isolées ont seulement besoin d'être notées lorsqu'une disjonction de caractère existe.

** À considérer selon le type d'hybride".

2.2 Types d'expression des caractères

2.2.1 Les caractères peuvent être classés en fonction de leurs types d'expression. Les types d'expression des caractères ci-après sont définis dans l'Introduction générale à l'examen de la distinction, de l'homogénéité et de la stabilité et à l'harmonisation des descriptions des obtentions végétales (chapitre 4.4 du document TG/1/3 "Introduction générale") :

2.2.2 Les "caractères qualitatifs" (QL) sont ceux dont les niveaux d'expression sont discontinus (par exemple, sexe de la plante : dioïque femelle (1), dioïque mâle (2), monoïque unisexuée (3), monoïque hermaphrodite (4)). Ces niveaux d'expression sont explicites et suffisamment significatifs en soi. Tous les

niveaux d'expression sont nécessaires pour décrire le caractère dans sa diversité et chaque forme d'expression peut être décrite par un seul niveau. L'ordre des niveaux d'expression est sans importance. Normalement, ces caractères ne sont pas influencés par le milieu.

2.2.3 Les “caractères quantitatifs” (QN) sont ceux dont l'expression couvre toute l'amplitude de la variation, d'une extrémité à l'autre. L'expression peut être notée sur une échelle d'une dimension linéaire, continue ou discrète. La gamme d'expression est divisée en un certain nombre de niveaux aux fins de la description (par exemple longueur de la tige : très courte (1), courte (3), moyenne (5), longue (7), très longue (9)). Cette division est opérée de telle sorte que, dans la mesure du possible, les niveaux d'expression soient également répartis le long de l'échelle. Les principes directeurs d'examen ne précisent pas la différence requise pour établir la distinction. Les niveaux d'expression doivent toutefois être discriminants pour l'examen DHS.

2.2.4 Les “caractères pseudo-qualitatifs” (PQ) sont des caractères dont la gamme d'expression est au moins en partie continue, pluridimensionnelle (par exemple, la forme : ovale (1), elliptique (2), circulaire (3), obovale (4)), et ne peut être correctement décrite en définissant simplement les deux extrêmes d'une gamme linéaire. De même que dans le cas des caractères qualitatifs (discontinus) – d'où le terme “pseudo-qualitatifs” – chaque niveau d'expression doit être identifié pour décrire correctement le caractère dans sa diversité.

2.3 Types d'échelles de données

La possibilité d'utiliser des procédures spécifiques aux fins de l'examen de la distinction, de l'homogénéité et de la stabilité dépend du niveau d'échelle des données qui sont enregistrées pour un caractère. Ce niveau d'échelle des données dépend du type d'expression du caractère et de la manière dont l'expression est notée. Le type d'échelle peut être nominal, ordinal, d'intervalle ou de rapport.

2.3.1 Données qualitatives

2.3.1.1 Les données qualitatives sont des données mesurées à l'aide d'une échelle nominale sans ordre logique de la catégorie des données discrètes. Elles proviennent de caractères qualitatifs évalués visuellement (notes).

Exemples :

Type d'échelle	Exemple	Numéro d'exemple*
nominale	Sexe de la plante	1
nominale avec deux niveaux	Limbe : panachure	2

* Pour une description des niveaux d'expression, voir le tableau 6.

2.3.1.2 Une échelle nominale se compose de nombres qui correspondent aux niveaux d'expression du caractère, ou aux notes dans les principes directeurs d'examen. Bien que des numéros soient utilisés à des fins de désignation, il n'existe aucun ordre logique pour les expressions, c'est pourquoi il est possible de les disposer dans un ordre quelconque.

2.3.1.3 Les caractères avec seulement deux catégories (caractères dichotomiques) sont une forme spéciale de caractère mesuré nominalement.

2.3.1.4 L'échelle nominale vient en dernier dans le classement des échelles (tableau 1). Peu de tests statistiques sont applicables pour les évaluations (voir la section 2.3.7).

2.3.2 Données quantitatives

2.3.2.1 Les données quantitatives sont des données mesurées à l'aide d'une échelle métrique (rapport ou intervalle) ou ordinale.

2.3.2.2 Les données quantitatives sont celles qui sont enregistrées par mesure ou dénombrement. La pondération est une forme spéciale de mesure. Les données quantitatives peuvent avoir une distribution continue ou discrète. Les données continues résultent de mesures. Elles peuvent prendre toutes les valeurs de la gamme définie. Les données quantitatives discrètes résultent d'un dénombrement.

Exemples :

Type d'échelle	Exemple	Numéro d'exemple*
Continue	Longueur de la plante en cm	3
Discrète	Nombre d'étamines	4

* Pour une description des niveaux d'expression, voir le tableau 6.

2.3.2.3 Les données quantitatives continues pour le caractère "Longueur de la plante" sont mesurées sur une échelle continue avec une unité d'évaluation définie. Tout changement d'unité de mesure, de cm en mm par exemple, n'est qu'une question de précision et non pas de changement de type d'échelle.

2.3.2.4 Les données quantitatives discrètes relatives au caractère "Nombre d'étamines" sont évaluées par dénombrement (1, 2, 3, 4, et ainsi de suite). Les distances entre les niveaux d'expression adjacente sont constants et, dans cet exemple, valent 1. Il n'existe aucune valeur réelle entre deux niveaux d'expression adjacents, mais il est possible de calculer une moyenne qui tombe entre ces unités.

2.3.2.5 Les échelles quantitatives peuvent être séparées en échelles de rapport et en échelles d'intervalle.

a) *Échelle de rapport*

2.3.2.6 Une échelle de rapport est une échelle quantitative avec un point zéro absolu défini. Il existe toujours une distance non nulle constante entre deux niveaux d'expression adjacents. Les données d'une échelle de rapport sont de nature continue ou discrète.

2.3.2.7 La définition d'un point zéro absolu permet d'établir des rapports discriminants. Il s'agit là d'une condition pour la constitution d'indices, qui sont la combinaison d'au moins deux caractères (par exemple, le rapport longueur-largeur). Dans l'Introduction générale, on parle de caractère combiné (voir la section 4.6.3 du document TG/1/3).

2.3.2.8 Il est également possible de calculer des rapports entre l'expression de plusieurs variétés. Par exemple, dans le caractère "Longueur de la plante" évalué en cm, il existe une limite inférieure pour l'expression qui est "0 cm" (zéro). Il est possible de calculer le rapport de la longueur de la plante de la variété "A" à la longueur de la plante de la variété "B" par une division :

Longueur de la plante de la variété "A" = 80 cm
Longueur de la plante de la variété "B" = 40 cm
Rapport = Longueur de la plante de la variété "A" / Longueur de la plante de la variété "B"
= 80 cm / 40 cm
= 2.

2.3.2.9 Il est donc possible dans cet exemple d'affirmer que la longueur de la plante "A" est le double de la longueur de la plante "B". L'existence d'un point zéro absolu permet de garantir un rapport non ambigu.

2.3.2.10 L'échelle de rapport vient en premier dans le classement des échelles (tableau 1). Cela signifie que les données d'une échelle de rapport comprennent les informations de premier ordre sur le caractère et qu'il est possible d'utiliser de nombreuses tests statistiques (voir la section 2.3.7).

2.3.2.11 Les exemples 3 et 4 (tableau 6) sont des exemples de caractères avec des données d'échelle de rapport.

b) *Échelle d'intervalle*

2.3.2.12 Une échelle d'intervalle est une échelle métrique sans point zéro absolu défini. Il existe toujours une distance non nulle constante entre deux niveaux d'expression adjacents. Les données d'une échelle d'intervalle peuvent être distribuées de manière continue ou discrète.

2.3.2.13 Comme exemple de caractère avec des données d'échelle d'intervalle distribuées de manière discrète, on peut citer le caractère "Début de l'époque de floraison" qui se mesure d'après la date, illustré par l'exemple 6 dans le tableau 6. Ce caractère se définit comme le nombre de jours à partir du 1^{er} avril. Cette

définition est utile, mais arbitraire, et le 1^{er} avril ne constitue pas une limite naturelle. On pourrait également définir ce caractère comme le nombre de jours à partir du 1^{er} janvier.

2.3.2.14 Il n'est pas possible de calculer un rapport significatif entre deux variétés qui soit illustré par l'exemple ci-après :

La floraison de la variété "A" commence le 30 mai et celle de la variété "B" le 30 avril

Cas I) Nombre de jours à partir du 1^{er} avril pour la variété "A" = 60
Nombre de jours à partir du 1^{er} avril pour la variété "B" = 30

$$\text{Rapport}_I = \frac{\text{Nombre de jours à partir du 1}^{\text{er}} \text{ avril pour la variété "A"}}{\text{Nombre de jours à partir du 1}^{\text{er}} \text{ avril pour la variété "B"}} = \frac{60}{30} = 2$$

Cas II) Nombre de jours à partir du 1^{er} janvier pour la variété "A" = 150
Nombre de jours à partir du 1^{er} janvier pour la variété "B" = 120

$$\text{Rapport}_{II} = \frac{\text{Nombre de jours à partir du 1}^{\text{er}} \text{ janvier pour la variété "A"}}{\text{Nombre de jours à partir du 1}^{\text{er}} \text{ janvier pour la variété "B"}} = \frac{150}{120} = 1,25$$

$$\text{Rapport}_I = 2 > 1,25 = \text{Rapport}_{II}$$

2.3.2.15 Il n'est pas correct d'affirmer que l'époque de floraison de la variété "A" est le double de celle de la variété "B". Le rapport dépend du choix du point zéro de l'échelle. Ce type d'échelle métrique se définit comme une "Échelle d'intervalle" : une échelle quantitative sans point zéro absolu défini.

2.3.2.16 "L'échelle d'intervalle est classée plus bas que l'échelle de rapport (tableau 1). Pour l'échelle d'intervalle, aucun indice utile ne peut être mis au point comme les rapports. L'échelle d'intervalle est théoriquement l'échelle la plus basse pour calculer des moyennes arithmétiques".

c) *Échelle ordinale*

2.3.2.17 Les données ordinales sont des données dont des catégories discrètes peuvent être disposées dans un ordre ascendant ou descendant. Elles résultent de caractères quantitatifs évalués visuellement (notes).

Exemple :

Type d'échelle	Exemple	Numéro d'exemple*
ordinale	Intensité de la pigmentation anthocyannique	6

* Pour une description des niveaux d'expression, voir le tableau 6

2.3.2.18 Une échelle ordinale se compose de nombres qui correspondent aux niveaux d'expression du caractère (notes). Les niveaux d'expression varient d'un extrême à l'autre et suivent par conséquent un ordre logique. Les nombres utilisés pour les catégories n'ont aucune importance. Dans certains cas, les données ordinales peuvent atteindre le niveau des données d'échelle d'intervalle discrète ou de données d'échelle de rapport discrète (voir la section 2.3.7).

2.3.2.19 Les distances entre les catégories discrètes d'une échelle ordinale ne sont pas connues précisément et ne sont pas nécessairement égales. Par conséquent, une échelle ordinale ne remplit pas la condition pour calculer des moyennes arithmétiques, qui est l'égalité des intervalles sur toute l'échelle.

2.3.2.20 L'échelle ordinale est classée plus bas que l'échelle d'intervalle (tableau 1). Moins de tests statistiques peuvent être utilisées pour une échelle ordinale que pour chacune des données d'échelle classée plus haut (voir la section 2.3.7).

2.3.3 Données pseudo-qualitatives

2.3.3.1 Les données pseudo-qualitatives sont des données mesurées à l'aide d'une échelle nominale sans ordre logique de toutes les catégories discrètes. Elles résultent de caractères qualitatifs évalués visuellement (notes).

Exemples :

Type d'échelle	Exemple	Numéro d'exemple*
nominale	Forme	7
nominale	Couleur de la fleur	8

* Pour une description des niveaux d'expression, voir le tableau 6.

2.3.3.2 Une échelle nominale se compose de nombres qui correspondent aux niveaux d'expression du caractère, qui figurent sous forme de notes dans les principes directeurs d'examen. Bien que des numéros soient utilisés à des fins de désignation, il n'existe aucun ordre déterminé pour toutes les expressions. Il est seulement possible de disposer certains d'entre eux.

2.3.3.3 L'échelle nominale vient en dernier dans le classement des échelles (tableau 1). Peu de tests statistiques sont applicables pour les évaluations (voir la section 2.3.7).

2.3.4 Résumé des différents types d'échelles

Tableau 1 : Types d'expressions et types d'échelles

Type d'échelle	Description	Distribution	Données enregistrées	Niveau d'échelle	Type d'échelle
QN	rapport	intervalles constants avec point zéro absolu	Continue	Mesures absolues	Élevé
			Discrète	Dénombrement	
	intervalle	intervalles constants sans point zéro absolu	Continue	Mesures relatives	
			Discrète	Date	
	ordinaire	Expressions ordonnées avec distances variables	Discrète	Notes évaluées visuellement	
PQ ou QL	nominale	Pas d'ordre, pas de distances	Discrète	Notes évaluées visuellement	Bas



2.3.5 Niveaux d'échelle pour les descriptions variétales

La description de variétés se fait d'après les niveaux d'expression (notes) qui sont donnés dans les principes directeurs d'examen pour une variété spécifique. Dans le cas d'une évaluation visuelle, les notes des principes directeurs d'examen sont généralement utilisées pour noter le caractère ainsi que pour l'examen DHS. Ces notes sont distribuées sur une échelle nominale ou ordinaire (voir la section 2.3). Pour les caractères mesurés ou dénombrés, l'examen DHS se fait d'après les valeurs enregistrées qui sont transformées en niveaux d'expression uniquement à des fins de description variétale.

2.3.6 Relation existant entre les types d'expression des caractères et les niveaux des données sur une échelle

2.3.6.1 Les notations utilisées pour l'évaluation de caractères qualitatifs sont réparties sur une échelle nominale, par exemple "Sexe de la plante", "Limbe : panachure" (tableau 6, exemples 1 et 2).

2.3.6.2 Pour les caractères quantitatifs, le niveau des données sur une échelle dépend de la méthode d'évaluation. Les caractères peuvent être notés sur la base d'une échelle quantitative (lorsqu'elles sont mesurées) ou ordinaire (lorsqu'elles sont observées visuellement). Par exemple, "Longueur de la plante" peut être enregistré sur la base de mesures donnant des données quantitatives continues de rapport. Cependant, une évaluation visuelle sur une échelle de 1 à 9 peut également convenir. Dans ce cas-là, les données

enregistrées sont qualitatives (échelle ordinale) car la taille des intervalles entre les médianes des catégories n'est pas exactement la même.

Remarque : dans certains cas, les données évaluées visuellement relatives à des caractères quantitatifs peuvent être traitées comme des mesures. La possibilité d'appliquer des méthodes statistiques à des données quantitatives dépend de la précision de l'évaluation et de la fiabilité des méthodes statistiques. Dans le cas de caractères quantitatifs évalués visuellement très précisément, les données généralement ordinales peuvent atteindre le niveau de données d'intervalle discrètes ou de données de rapport discrètes.

2.3.6.3 Un caractère de type pseudo-qualitatif est un caractère dont l'expression varie dans plus d'une dimension. Les différentes dimensions sont combinées sur une échelle. Au moins une dimension est exprimée de manière quantitative. Les autres dimensions peuvent être exprimées de manière qualitative ou quantitative. L'échelle dans son ensemble doit être considérée comme une échelle nominale (par exemple "Forme", "Couleur de la fleur"; tableau 6, exemples 7 et 8).

2.3.6.4 Dans le cas de l'utilisation d'une procédure applicable aux plantes hors-type pour l'évaluation de l'homogénéité les données enregistrées sont nominales. Les données enregistrées se répartissent dans deux classes qualitatives : les plantes appartenant à la variété (conforme) et les plantes n'appartenant pas à la variété (hors-type). Le type d'échelle est le même pour les caractères qualitatifs, quantitatifs et pseudo-qualitatifs.

2.3.6.5 La relation existant entre le type de caractères et le type d'échelle de données enregistrées aux fins de l'évaluation de la distinction et de l'homogénéité est décrite dans le tableau 2. Un caractère qualitatif est noté sur une échelle nominale pour la distinction (niveau d'expression) et pour l'homogénéité (conforme par rapport à hors-type). Les caractères pseudo-qualitatifs sont notés sur une échelle nominale pour la distinction (niveau d'expression) et sur une échelle nominale pour l'homogénéité (conforme par rapport à hors-type). Les caractères quantitatifs sont notés sur une échelle ordinale, d'intervalle ou de rapport pour l'évaluation de la distinction en fonction du caractère et de la méthode d'évaluation. Si les données enregistrées proviennent de plantes isolées les mêmes données peuvent être utilisées pour l'évaluation de la distinction et de l'homogénéité. Si la distinction est évaluée d'après une note unique d'un groupe de plantes, l'homogénéité doit être jugée au moyen de la procédure applicable aux plantes hors-type (échelle nominale).

Tableau 2 : Relation existant entre le type de caractère et le type d'échelle des données évaluées

Procédure	Type d'échelle	Distribution	Type de caractère		
			Qualitatif	Pseudo-qualitatif	Quantitatif
Distinction	rapport	Continue	Non	Non	<u>Oui</u>
		Discrète	Non	Non	<u>Oui</u>
	intervalle	Continue	Non	Non	<u>Oui</u>
		Discrète	Non	Non	<u>Oui</u>
	ordinale	Discrète	Non	Non	<u>Oui</u>
	nominale	Discrète	<u>Oui</u>	<u>Oui</u>	Non
Homogénéité	rapport	Continue	Non	Non	<u>Oui</u>
		Discrète	Non	Non	<u>Oui</u>
	intervalle	Continue	Non	Non	<u>Oui</u>
		Discrète	Non	Non	<u>Oui</u>
	ordinale	Discrète	Non	Non	<u>Oui</u>
	nominale	Discrète	<u>Oui</u>	<u>Oui</u>	<u>Oui</u>

2.3.7 *Relation existant entre la méthode d'observation des caractères, le niveau des données sur une échelle et les méthodes statistiques recommandées.*

2.3.7.1 Des procédures statistiques établies peuvent être utilisées pour l'évaluation de la distinction et de l'homogénéité compte tenu du niveau d'échelle et d'autres conditions telles que le degré de liberté ou d'unimodalité (tableaux 3 et 4).

2.3.7.2 La relation existant entre l'expression des caractères et les niveaux des données sur une échelle pour l'évaluation de la distinction et de l'homogénéité est résumée dans le tableau 6.

Tableau 3 : Procédures statistiques pour l'évaluation de la distinction

Type d'échelle	Distribution	Méthode d'observation	Méthodes	Autre condition	Documents de référence
rapport	continue	MS MG (VS) ¹⁾	COYD	au moins 10 et, de préférence, au moins 20 dl ³⁾	TGP/8 et 9
	discrète				
intervalle	continue		COYD sur le long terme	dl<10	TGP/8
	discrète		Méthode 2x1%	au moins 10 et, de préférence, au moins 20 dl ^{**}	TGP/8
ordinaire	discrète	VS	Test du khi carré de Pearson	$E_{ij} \geq 5$ ⁴⁾	TGP/8
		VS	Test exact de Fisher	$E_{ij} < 10$	TGP/8
		VS	Modèles GLM Modèles de seuil		
		VG	Voir également l'explication pour les caractères QN dans les sections 5.2.2 et 5.2.3 du TGP/9. Voir l'explication pour les caractères QN dans la section 5.2.4 du TGP/9		TGP/9
nominale	discrète	(VS) ²⁾	Test du khi carré de Pearson	$E_{ij} \geq 5$	TGP/8
		VS	Test exact de Fisher	$E_{ij} < 10$	TGP/8
		VS	Modèles GLM	$E_{ij} \geq 5$	
		VG	Voir l'explication pour les caractères QL et QN dans les sections 5.2.2 et 5.2.3 du TGP/9.		TGP/9

- 1) voir la remarque à la section 2.3.2.18
- 2) normalement VG mais VS serait possible
- 3) dl – degré de liberté
- 4) E_{ij} – valeur prévue d'une classe

Tableau 4 : Procédures statistiques pour l'évaluation de l'homogénéité

Type d'échelle	Distribution	Méthode d'observation	Méthodes	Autres conditions	Documents de référence
rapport	continue	MS	COYU	$df \geq 20$	TGP/8 et 10
	discrète	MS	Méthode de variance relative	$s^2_c \leq 1,47 s^2$	TGP/8
intervalle	continue	VS			
	discrète				
ordinaire	discrète	VS	Modèle de seuil		
nominale	discrète	VS	Procédure applicable aux plantes hors-type pour les données dichotomiques (binaires)	Norme de population fixe	TGP/8 et 10

2.4 Le caractère considéré à différents niveaux d'échelle

2.4.1 Les caractères peuvent être examinés à différents niveaux d'un processus (tableau 5). Les caractères, tels qu'ils sont exprimés dans l'essai (type d'expression) sont considérés comme relevant du niveau de processus 1. Les données qui résultent de l'examen aux fins de l'évaluation de la distinction, de l'homogénéité et de la stabilité sont considérées comme relevant du niveau de processus 2. Ces données sont converties en niveaux d'expression aux fins de la description variétale. La description variétale relève du niveau de processus 3.

Tableau 5 : Définition des différents niveaux de processus aux fins de l'examen des caractères

Niveau de processus	Description du niveau de processus
1	Caractère tel qu'il est exprimé dans l'essai
2	Données pour l'évaluation du caractère
3	Description variétale

Du point de vue statistique, le niveau d'information diminue du niveau 1 au niveau 3. L'analyse statistique est appliquée uniquement au niveau 2.

2.4.2 Certains experts DHS estiment parfois qu'il n'est pas nécessaire de distinguer les différents niveaux de processus. Les niveaux 1, 2 et 3 pourraient être identiques. Toutefois, en règle générale, cela n'est pas le cas.

Comprendre l'utilité des niveaux de processus

2.4.3 L'expert DHS peut savoir à partir des principes directeurs d'examen de l'UPOV ou de par sa propre expérience que, par exemple, "Longueur de la plante" est un caractère utile pour l'examen DHS. Certaines variétés se distinguent d'autres variétés par leur longueur. Autre exemple de caractère : la "Panachure du limbe". Pour certaines variétés, la panachure est présente et pour d'autres elle ne l'est pas. L'expert DHS dispose ainsi de deux caractères, sachant que "Longueur de la plante" est un caractère quantitatif et que "Panachure du limbe" est un caractère qualitatif (définitions : voir les sections 2.2.2 et 2.2.3). Cette étape peut être décrite comme le **niveau de processus 1**.

2.4.4 L'expert DHS doit ensuite planifier l'essai et déterminer le type d'observation à effectuer pour les caractères. S'agissant du caractère "Panachure du limbe", le choix est simple. Il existe deux expressions possibles : "présente" ou "absente". Le choix en ce qui concerne le caractère "Longueur de la plante" n'est pas spécifique et dépend de différences attendues entre les variétés et de variations au sein des variétés. Souvent, l'expert DHS choisit de mesurer un certain nombre de plantes (en centimètres) et d'utiliser des procédures statistiques spéciales pour l'examen de la distinction et de l'homogénéité. Il est également possible d'évaluer le caractère "Longueur de la plante" visuellement d'après des expressions telles que "courte", "moyenne" ou "longue", si les différences entre les variétés sont suffisamment grandes (aux fins de

l'examen de la distinction) et que la variation au sein des variétés est très faible voire absente en ce qui concerne ce caractère. À la variation continue d'un caractère est attribué un niveau d'expression approprié qui donne lieu à une notation (voir la section 4 du document TGP/9) [renvoi]. L'élément crucial dans cette étape est l'enregistrement des données pour de futures évaluations. Cette étape est décrite comme le **niveau de processus 2**

2.4.5 À la fin de l'examen DHS, l'expert DHS doit établir une description des variétés à l'aide d'une échelle allant de 1 à 9 ou d'une partie de cette échelle. Cette phase peut être décrite comme le **niveau de processus 3**. Pour le caractère "Panachure du limbe", l'expert DHS peut se servir des mêmes niveaux d'expression (notes) que ceux enregistrés dans le niveau de processus 2, les trois niveaux de processus apparaissent alors comme identiques. Lorsqu'il décide d'évaluer le caractère "Longueur de la plante" visuellement, l'expert DHS peut utiliser les mêmes niveaux d'expression (notes) que ceux enregistrés dans le niveau de processus 2, il n'y a alors aucune différence évidente entre les niveaux de processus 2 et 3. Si le caractère "Longueur de la plante" est mesuré en cm, il est nécessaire d'attribuer des intervalles de mesure aux niveaux d'expression tels que "courte", "moyenne" et "longue" pour établir une description variétale. Dans ce cas-là, à des fins de procédures statistiques, il convient de connaître précisément le niveau significatif et les différences entre les caractères tels qu'ils sont exprimés dans l'essai, les données aux fins de l'évaluation des caractères et la description variétale. Cette condition est absolument indispensable pour que les procédures statistiques les plus appropriées soient choisies en concertation avec des statisticiens ou par l'expert DHS.

Tableau 6 : Relation existant entre l'expression des caractères et le niveau des données sur une échelle pour l'évaluation de la distinction et de l'homogénéité

Exemple	Nom du caractère	Distinction				Homogénéité			
		Unité d'évaluation	Description (niveaux d'expression)	Type d'échelle	Distribution	Unité d'évaluation	Description (niveaux d'expression)	Type d'échelle	Distribution
1	Sexe de la plante	1	dioïque femelle	nominale	discrète	conforme	Nombre de plantes appartenant à la variété	nominale	discrète
		2 3 4	dioïque mâle monoïque unisexuée monoïque hermaphrodite			hors-type	Nombre de plantes hors-type		
2	Limbe : panachure	1	absent	nominale	discrète	conforme	Nombre de plantes appartenant à la variété	nominale	discrète
		9	présent			hors-type	Nombre de plantes hors-type		
3	Longueur de la plante	cm	évaluation en cm sans chiffre après la virgule	rapport	continue	cm	évaluation en cm sans chiffre après la virgule	rapport	continue
						conforme	Nombre de plantes appartenant à la variété	nominale	discrète
						hors-type	Nombre de plantes hors-type		
4	Nombre d'étamines	dénombrements	1, 2, 3, ..., 40,41, ...	rapport	discrète	dénombrements	1, 2, 3, ..., 40,41, ...	rapport	discrète
5	Époque de début de floraison	Date	p. ex. le 21 mai, le cinquante et unième jour à partir du 1 ^{er} avril	intervalle	discrète	date	p. ex. le 21 mai, le cinquante et unième jour à partir du 1 ^{er} avril	intervalle	discrète
						conforme	Nombre de plantes appartenant à la variété	nominale	discrète
						hors-type	Nombre de plantes hors-type		
6	Intensité de la pigmentation anthocyanique	1	très faible	ordinales	discrète (avec une variable quantitative sous-jacente)	conforme	Nombre de plantes appartenant à la variété	nominale	discrète
		2 3 4 5 6 7 8 9	très faible à faible faible à moyenne moyenne à forte forte à très forte très forte			hors-type	Nombre de plantes hors-type		

page 33

Exemple	Nom du caractère	Distinction				Homogénéité			
		Unité d'évaluation	Description (niveaux d'expression)	Type d'échelle	Distri- bution	Unité d'évaluation	Description (niveaux d'expression)	Type d'échelle	Distri- bution
7	Forme	1	lancéolée	nominale	discrète	conforme	Nombre de plantes appartenant à la variété	nominale	discrète
		2	ovale						
		3	elliptique						
		4	obovale						
		5	oblancéolée						
		6	circulaire						
		7	aplatie						
8	Couleur de la fleur	1	rouge foncé	nominale	discrète	conforme	Nombre de plantes appartenant à la variété	nominale	discrète
		2	rouge moyen						
		3	rouge clair						
		4	blanc						
		5	bleu clair						
		6	bleu moyen						
		7	bleu foncé						
		8	rouge-violet						
		9	violet						
		10	violet-bleu						

3. OPTIMISATION DE LA VARIATION DUE À DIFFÉRENTS OBSERVATEURS DANS UN MÊME ESSAI

3.1 Introduction

3.1.1 Le présent document prend en compte la variation entre observateurs dans un même essai au niveau du service. Il concerne les caractères QN/MG, QN/MS, QN/VG et QN/VS. Il ne traite pas expressément des caractères PQ tels que la couleur ou la forme. La méthode Kappa décrite est dans une large mesure applicable à ces caractères, le caractère Kappa standard étant prévu par exemple pour les données nominales. Toutefois, cette méthode n'a pas été élaborée pour des caractères PQ et peut également nécessiter des informations supplémentaires en matière d'étalonnage. À titre d'exemple, pour l'étalonnage des couleurs, il faut également tenir compte du code de couleur RHS, des conditions d'éclairage, etc. Les différences entre les observateurs concernant les caractères PQ pourraient être examinées au moyen de méthodes non paramétriques, comme par exemple la fréquence des écarts. Ces éléments ne sont pas traités dans le présent document.

3.1.2 La variation des mesures ou des observations peut s'expliquer par de nombreux facteurs différents tels que le type de culture, le type de caractère, l'année, le site, le protocole et la gestion des essais, la méthode et l'observateur. Notamment en ce qui concerne les caractères observés visuellement (QN/VG ou QN/VS), les différences d'un observateur à l'autre peuvent expliquer de fortes variations et un biais éventuel entre observations. Il se peut qu'un observateur soit moins bien formé ou interprète d'une manière différente le caractère. Par conséquent, lorsque l'observateur A mesure la variété 1 et l'observateur B la variété 2, la différence mesurée peut s'expliquer par des différences entre observateurs A et B au lieu de différences entre les variétés 1 et 2. Il ne fait aucun doute que nous nous intéressons principalement aux différences entre variétés et non aux différences entre observateurs. Il est important de comprendre que la variation due aux différents observateurs ne peut pas être supprimée mais qu'il existe des moyens de la contrôler.

3.1.3 Il est recommandé, dans la mesure du possible, de confier l'essai à un même observateur pour réduire de façon optimale la variation due à différents observateurs.

3.2 Formation et importance de fournir des indications claires sur les caractères et la méthode d'observation

3.2.1 Il est essentiel de former les nouveaux observateurs pour des raisons d'harmonisation et de continuité des observations. Les manuels d'étalonnage, la supervision et les conseils des observateurs expérimentés, de même que l'utilisation de variétés indiquées à titre d'exemple pour illustrer la gamme d'expression, sont autant de moyens à exploiter pour y parvenir.

3.2.2 Les principes directeurs d'examen de l'UPOV visent à harmoniser le processus de description variétale et à décrire aussi clairement que possible les caractères d'une plante et leurs niveaux d'expression. Il s'agit de la première étape de contrôle de la variation et du biais. Toutefois, la façon dont un caractère est observé ou mesuré peut varier en fonction de l'année, du lieu ou du service chargé de l'examen. Les manuels d'étalonnage mis au point par le service local chargé de l'examen et les variétés indiquées à titre d'exemple sont très utiles pour l'adaptation locale des principes directeurs d'examen de l'UPOV. Le cas échéant, ces manuels propres à une espèce donnée expliquent plus en détail les caractères à observer, et précisent le lieu et les modalités d'observation. En outre, ils peuvent contenir des photos et des dessins pour chaque caractère, souvent pour chaque niveau d'expression d'un caractère.

3.2.3 Le Glossaire des termes utilisés dans les documents de l'UPOV (document TGP/14) donne des précisions utiles sur de nombreux caractères, notamment les caractères PQ.

3.2.4 Après que l'observateur a été formé, il est important de veiller à ce qu'il bénéficie régulièrement de cours de perfectionnement et passe un test d'étalonnage.

3.3 Essai d'étalonnage

3.3.1 Après la formation d'un observateur, l'étape suivante consiste à vérifier les acquisitions des observateurs dans le cadre d'un essai d'étalonnage. Cela est particulièrement utile pour les observateurs inexpérimentés qui doivent procéder à des observations visuelles (caractères QN/VG et QN/VS). S'ils se livrent à des observations visuelles, ils devraient de préférence procéder à un essai d'étalonnage avant de formuler des observations durant l'essai. Mais il est aussi important que les observateurs expérimentés

vérifient eux-mêmes leurs connaissances régulièrement pour s'assurer qu'ils satisfont toujours aux critères d'étalonnage.

3.3.2 Un essai d'étalonnage peut être organisé et analysé de différentes manières. En général, il consiste à faire mesurer les mêmes éléments par plusieurs observateurs avant d'évaluer les différences entre eux.

3.4 Essai d'étalonnage pour les caractères QN/MG ou QN/MS

3.4.1 Pour les observations effectuées à l'aide d'instruments de mesure, tels que des règles (généralement pour les caractères QN/MS), la mesure est souvent effectuée à l'aide d'une échelle d'intervalle ou de rapport. Dans ce cas, la méthode de Bland et Altman (1986) peut être utilisée. Cette méthode consiste à faire figurer les résultats obtenus par paire d'observateurs dans un diagramme de dispersion et à les comparer avec la ligne $y=x$. Cela permet d'évaluer à l'œil le degré de corrélation des mesures. L'étape suivante consiste à prendre la différence par objet et à construire un graphique avec, sur l'axe y, la différence entre les observateurs et, sur l'axe x, l'indice ou la valeur moyenne de l'objet. En traçant les lignes horizontales $y=0$, $y=\text{moyenne}(\text{dif})$ et les deux lignes $y = \text{moyenne}(\text{dif}) \pm 2 \times \text{l'écart type}$, le biais entre observateurs et toute autre valeur atypique peuvent être facilement détectés. De même, on peut également étudier la différence entre la mesure de chaque observateur et la moyenne de toutes les mesures des observateurs. Des méthodes d'essai telles que le test t par paire peuvent être utilisées en cas de différence importante d'un observateur à l'autre ou par rapport à la moyenne des autres observateurs.

3.4.2 En prenant deux mesures chez chaque observateur pour chaque objet, on peut observer les différences entre ces deux mesures. Si ces différences sont importantes par rapport à celles d'autres observateurs, cet observateur pourrait avoir une faible reproductibilité. Si l'on compte pour chaque observateur le nombre de valeurs aberrantes modérées et élevées (p. ex. supérieures à 2 et 3 fois l'écart type respectivement), on obtient un tableau indiquant le nombre de valeurs aberrantes par observateur qui peut être utilisé pour déterminer si l'observateur satisfait aux exigences d'assurance-qualité.

3.4.3 Les contrôles de la qualité peuvent également être fondés sur des essais de reproductibilité ou de répétabilité pour laboratoires tels que ceux décrits dans la norme ISO 5725-2. Un logiciel gratuit disponible sur le site Web de l'ISTA permet d'obtenir des valeurs et des graphiques en accord avec cette norme ISO.

3.4.4 Dans de nombreux cas de QN/MG ou QN/MS, des instructions claires sont en général suffisantes et la variation ou le biais dans les mesures entre observateurs est souvent négligeable. En cas de doute, des essais d'étalonnage tels que décrits ci-dessus peuvent contribuer à préciser les choses.

3.4.5 Dans le cas de caractères QN/MG, il faudra tenir compte de l'effet que peut avoir une éventuelle variation aléatoire à l'intérieur d'une parcelle.

3.5 Essai d'étalonnage pour les caractères QN/VS ou QN/VG

3.5.1 Aux fins de l'analyse des données ordinales (caractères QN/VS ou QN/VG), il est très instructif d'établir des tableaux de contingence par paire d'observateurs pour les résultats différents. Le test de comparaison des données de Wilcoxon permet de mettre en évidence une différence structurelle (biais) entre deux observateurs.

3.5.2 Pour mesurer le degré de concordance, on recourt souvent au test du Kappa de Cohen (Cohen, 1960). Ce test statistique s'efforce de rendre compte des concordances aléatoires : $\kappa = P(\text{concordance}) - P(e) / (1 - P(e))$, où $P(\text{concordance})$ est la fraction d'objets se situant dans la même classe pour les deux observateurs (la diagonale principale du tableau de contingence) et $P(e)$ la probabilité de concordance aléatoire, compte tenu des valeurs marginales (comme dans le test du Khi carré). Lorsque les observateurs sont en parfaite concordance, valeur Kappa $\kappa = 1$. S'il n'y a pas de concordance entre les observateurs, au-delà des résultats pouvant être le fruit du hasard ($P(e)$), alors $\kappa = 0$.

3.5.3 Le test statistique Kappa de Cohen standard envisage uniquement la possibilité d'une concordance parfaite ou d'une discordance. Si l'on met en évidence le degré de discordance (par exemple, avec les caractères ordinaux), on peut appliquer un test du Kappa linéaire ou carré (Cohen, 1968). Si l'on souhaite avoir une statistique unique pour tous les observateurs simultanément, on peut calculer un coefficient Kappa général. La plupart des programmes statistiques, dont SPSS, Genstat et R (programme Concord), fournissent des instruments de calcul du coefficient Kappa.

3.5.4 Ainsi qu'il a été noté, une valeur κ faible indique une faible concordance alors que les valeurs avoisinant 1 indiquent une excellente concordance. Souvent, les chiffres entre 0,6 et 0,8 sont réputés dénoter une concordance importante et les chiffres au-dessus de 0,8 une concordance presque parfaite. Si nécessaire, il existe des écarts réduits pour Kappa (à supposer que la distribution est à peu près normale). Les critères appliqués aux experts DHS chevronnés pourraient être plus stricts que ceux appliqués aux personnes inexpérimentées.

3.6 Protocole d'essai

En cas de pluralité d'observateurs dans un essai, la meilleure méthode consiste à confier à une même personne l'observation d'une ou plusieurs répétitions complètes. Dans ce cas, la correction des effets de blocs tient aussi compte du biais entre observateurs. Lorsqu'il est nécessaire de recourir à plus d'un observateur par répétition, il convient d'accorder davantage d'attention à l'étalonnage et à la concordance. Dans certains cas, des plans en blocs incomplets (plans alpha) peuvent être utiles, et un observateur peut être affecté aux sous-blocs. On peut ainsi corriger les différences systématiques entre observateurs.

3.7 Kappa de Cohen : exemple

Dans cet exemple, il y a trois observateurs et 30 objets (parcelles ou variétés). Le caractère est observé sur une échelle de 1 à 6. Les données brutes et leurs notes figurent dans les tableaux qui suivent :

	Observateur 1	Observateur 2	Observateur 3
Variété			
V1	1	1	1
V2	2	1	2
V3	2	2	2
V4	2	1	2
V5	2	1	2
V6	2	1	2
V7	2	2	2
V8	2	1	2
V9	2	1	2
V10	3	1	3
V11	3	1	3
V12	3	2	2
V13	4	5	4
V14	2	1	1
V15	2	1	2
V16	2	2	3
V17	5	4	5
V18	2	2	3
V19	1	1	1
V20	2	2	2
V21	2	1	2
V22	1	1	1
V23	6	3	6
V24	5	6	6
V25	2	1	2
V26	6	6	6
V27	2	6	2
V28	5	6	5
V29	6	6	5
V30	4	4	4

	Notes de la variété	1	2	3	4	5	6
V1	3	0	0	0	0	0	0
V2	1	2	0	0	0	0	0
V3	0	3	0	0	0	0	0
V4	1	2	0	0	0	0	0
V5	1	2	0	0	0	0	0
V6	1	2	0	0	0	0	0
V7	0	3	0	0	0	0	0
V8	1	2	0	0	0	0	0
V9	1	2	0	0	0	0	0
V10	1	0	2	0	0	0	0
V11	1	0	2	0	0	0	0
V12	0	2	1	0	0	0	0
V13	0	0	0	2	1	0	0
V14	2	1	0	0	0	0	0
V15	1	2	0	0	0	0	0
V16	0	2	1	0	0	0	0
V17	0	0	0	1	2	0	0
V18	0	2	1	0	0	0	0
V19	3	0	0	0	0	0	0
V20	0	3	0	0	0	0	0
V21	1	2	0	0	0	0	0
V22	3	0	0	0	0	0	0
V23	0	0	1	0	0	0	2
V24	0	0	0	0	1	0	2
V25	1	2	0	0	0	0	0
V26	0	0	0	0	0	0	3
V27	0	2	0	0	0	0	1
V28	0	0	0	0	2	0	1
V29	0	0	0	0	1	0	2
V30	0	0	0	3	0	0	0

Le tableau de contingence pour les observateurs 1 et 2 est le suivant :

O1\O2	1	2	3	4	5	6	Total
1	3	0	0	0	0	0	3
2	10	5	0	1	0	1	17
3	2	1	0	0	0	0	3
4	0	0	0	1	0	0	1
5	0	0	0	1	0	2	3
6	0	0	1	0	0	2	3
Total	15	6	1	3	0	5	30

Le coefficient Kappa entre l'observateur 1 et l'observateur 2, $\kappa(O1,O2)$, est calculé comme suit :

- $\kappa(O1,O2) = P(\text{concordance entre O1 et O2}) - P(e)) / (1 - P(e))$, où :
- $P(\text{concordance}) = (3+5+0+1+0+2)/30 = 11/30 \approx 0.3667$ (éléments diagonaux)
- $P(e) = (3/30).(15/30) + (17/30).(6/30) + (3/30).(1/30) + (1/30).(3/30) + (3/30).(0/30) + (3/30).(5/30) \approx 0.1867$. (marges par paire)
- Donc $\kappa(O1,O2) \approx (0.3667-0.1867) / (1-0.1867) \approx 0.22$

Il s'agit d'une valeur faible, indiquant une concordance très faible entre ces deux observateurs. Cela constitue un sujet de préoccupation et des mesures devraient être prises pour améliorer la concordance. De la même manière, les valeurs pour les autres paires peuvent être calculées comme suit : $\kappa(O1,O3) \approx 0.72$, $\kappa(O2,O3) \approx 0.22$. Les observateurs 1 et 3 affichent une bonne concordance. L'observateur 2 est clairement divergent et les raisons de cette différence nécessitent un examen plus approfondi (p. ex. envisager une formation supplémentaire).

3.8 Références

Cohen, J. (1960) A coefficient of agreement for nominal scales. Educational and Psychological Measurement 20: 37-46.

Cohen, J. (1968) Weighted kappa : Nominal scale agreement provision for scaled disagreement or partial credit. Psychological Bulletin, 70(4) : 213-220.

Bland, J. M. Altman D. G. (1986) Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement, Lancet : 307-310.

<http://www.seedtest.org/en/stats-tool-box-content---1--1143.html> (logiciel fondé sur la norme ISO 5725-2)

4. VALIDATION DES DONNÉES ET DES HYPOTHÈSES

4.1 Introduction

Il est important que les données soient correctes, c'est-à-dire qu'elles ne fassent l'objet d'aucune erreur, que les données soient des notes obtenues d'une observation visuelle (V) (voir la section 4.2.1 du document TGP/9) ou d'une mesure (M) (voir la section 4.2.2 du document TGP/9) et qu'elles se soldent par une notation globale pour un groupe de plantes (G) (voir la section 4.3.2 du document TGP/9) ou par des notations pour un certain nombre de plantes isolées (S) (voir la section 4.3.3 du document TGP/9) à des fins d'analyse statistique. La section intitulée "Validation des données" décrit la manière dont les données peuvent être validées ou vérifiées. Ces vérifications préliminaires peuvent être faites de toutes les données, que celles-ci soient ou non analysées ultérieurement par des méthodes statistiques.

4.2 Validation des données

4.2.1 La présente section traite de la nécessité de valider les données pour s'assurer qu'elles ne font l'objet d'aucune erreur (manifeste).

4.2.2 Pour éviter de commettre des erreurs dans l'interprétation des résultats, les données devraient toujours être vérifiées de telle sorte qu'elles soient logiquement cohérentes et qu'elles ne contredisent pas les données obtenues précédemment sur les fourchettes qui découleront probablement des différents caractères. Cette vérification peut se faire manuellement (en général visuellement) ou automatiquement. Lorsque des méthodes statistiques sont utilisées, la validation des hypothèses peut également se faire sous la forme d'une vérification que les données ne font l'objet d'aucune erreur (voir la section 2.3.2.1.1.)

4.2.3 Le tableau 1 donne un extrait de quelques notations pour 10 plantes d'une parcelle de pois fourragers. Pour le caractère "Semence : forme" (PQ), les notes sont visuellement placées sur une échelle aux valeurs 1 (sphérique), 2 (ovoïde), 3 (cylindrique), 4 (rhomboïde), 5 (triangulaire) ou 6 (irrégulière). Pour le caractère "Semence : couleur noire du hile" (QL), les notes sont visuellement placées sur une échelle de 1 (absent) à 9 (présent). Pour le caractère "Tige : longueur" (QN), les mensurations sont exprimées en cm et l'expérience a montré que, dans la plupart des cas, la longueur variera entre 40 et 80 cm. Le caractère "Stipule : longueur" est mesuré en mm et la longueur variera dans la plupart des cas entre 50 et 90 mm. Le tableau montre 3 types d'erreurs qui sont parfois commises lorsqu'on procède aux notations manuellement. Pour la plante 4, "Semence : forme", la valeur enregistrée 7 ne se trouve pas dans les notes permises et elle est donc sans doute le résultat d'une interprétation inexacte d'un "1" écrit à la main. Il en est de même pour le caractère de la plante 8 "Semence : couleur noire du hile" où la note 8 n'est pas autorisée et doit donc être une erreur. Le caractère "Tige : longueur" de la plante 6 se trouve à l'extérieur de la fourchette attendue et la cause pourrait en être la modification de l'ordre des chiffres de telle sorte que 96 a été saisi au lieu de 69. Le caractère "Stipule : longueur" de 668 mm est manifestement une erreur qui peut avoir été causée en répétant accidentellement le chiffre 6 deux fois. En tout état de cause, il faut faire un examen soigneux pour déterminer les valeurs correctes.

Tableau 1. Extrait de la fiche de notation pour les pois fourragers

Plante n°	Semence : forme (UPOV 1) (PQ)	Semence : couleur noire du hile (UPOV 6) (QL)	Tige : longueur (UPOV 12) (QN)	Stipule : longueur (UPOV 31) (QN)
1	1	1	43	80
2	2	1	53	79
3	1	1	50	72
4	7	1	43	668
5	2	9	69	72
6	1	1	96	72
7	1	1	51	70
8	2	8	64	63
9	1	1	44	62
10	2	1	49	62

4.2.4 Des graphiques ou tracés de caractères peuvent contribuer à valider les données. Par exemple, l'examen des distributions de fréquences peut identifier de petits groupes d'observations incompatibles. Par ailleurs, dans le cas des caractères quantitatifs, l'examen de graphiques libres de paires de caractères dont la corrélation est vraisemblablement très étroite peut détecter avec une grande efficacité de telles observations.

4.2.5 On peut également utiliser d'autres types de tracé graphique pour valider la qualité des données. Un diagramme en boîte comme on l'appelle est une manière efficace d'obtenir une vue d'ensemble des données quantitatives. Dans un tel diagramme, une boîte est dessinée pour chaque groupe (parcelle ou variété). Dans ce cas-là, les données de "Feuille : longueur" (en mm) sont utilisées d'une expérience sous la forme de 3 blocs de 26 parcelles avec 20 plantes par parcelle. À l'intérieur de chaque bloc, 26 différentes variétés de colza ont été attribuées de manière aléatoire à chacune des parcelles. Dans la figure 1, les 60 "Feuille : longueur" de chacune des 26 variétés sont considérées ensemble. (S'il y a de grandes différences d'un bloc à l'autre, il est possible de produire un meilleur diagramme en boîte en prenant les différences relatives à la moyenne des parcelles). La boîte donne la fourchette pour la partie la plus grande des observations isolées (en général 75%). Une ligne horizontale à travers la boîte et un symbole représentent la médiane et la moyenne respectivement. À chaque extrémité de la boîte, on tire les lignes verticales pour indiquer la fourchette des observations possibles à l'extérieur de la boîte mais à une distance raisonnable (d'ordinaire 1,5 fois la hauteur de la boîte). Enfin, des observations plus extrêmes sont montrées individuellement. On peut voir dans la figure 1 qu'une observation de la variété 13 est clairement beaucoup plus large que les autres observations de cette variété. On peut également voir que la variété 16 a des feuilles plus longues et que 4 observations sont relativement éloignées de la moyenne. Entre autres choses, la figure fait ressortir la variabilité et la symétrie de la distribution. On peut ainsi voir que la variabilité de la variété 15 est relativement grande et que la distribution de cette variété est légèrement asymétrique (car la moyenne et la médiane sont relativement très éloignées l'une de l'autre).

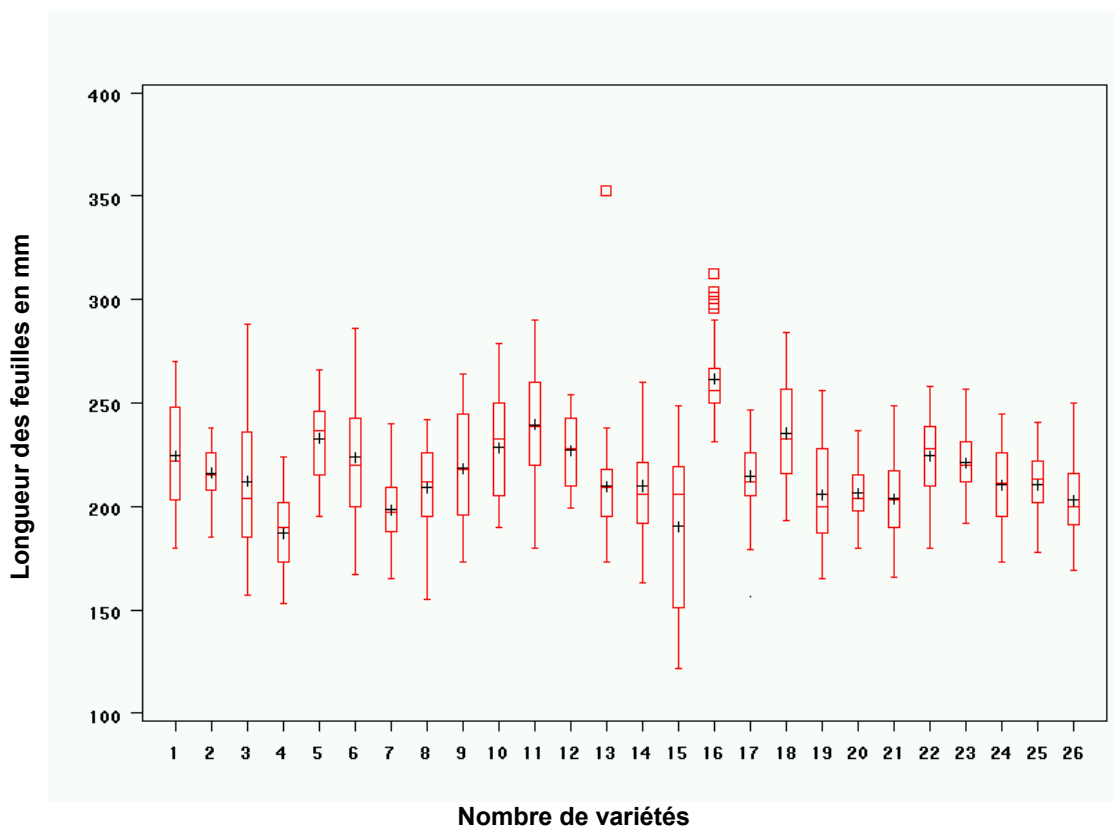


Figure 1. Diagramme en forme de boîtes pour la longueur des feuilles de 26 variétés de colza

4.2.6 Lorsqu'on constate qu'il y a des observations divergentes, il est important d'essayer de découvrir pourquoi elles divergent. Dans quelques cas, il peut être possible de retourner au champ et y vérifier si la plante ou la parcelle est endommagée par des facteurs extérieurs (comme des lapins par exemple) ou si une erreur de mesure a été commise. Dans ce dernier cas, il est possible de la corriger. Dans d'autres cas, il peut s'avérer nécessaire de jeter un coup d'oeil aux notes antérieures (ou à d'autres mesures de la même

plante/parcelle) pour trouver la raison de l'observation divergente. En général, les observations ne devraient être supprimées que s'il y a de bonnes raisons de le faire.

4.3 Hypothèses indispensables à l'analyse statistique et validation de ces hypothèses

Si les données doivent être soumises à une analyse statistique, il faut alors vérifier les hypothèses sur lesquelles reposent les méthodes statistiques, du moins approximativement. La présente section écrit les hypothèses sur lesquelles les méthodes d'analyse statistique les plus courantes utilisées dans l'examen DHS. Elle est suivie d'une section sur la validation des hypothèses indispensables à l'analyse statistique qui décrit comment elles peuvent être évaluées.

Les méthodes décrites ici pour valider les hypothèses sur lesquelles reposent les méthodes statistiques sont destinées aux analyses d'expériences isolées (blocs randomisés). Il n'empêche que les principes sont les mêmes lorsqu'on analyse les données de plusieurs expériences réalisées au fil des ans. Au lieu de porter sur les moyennes parcellaires, les analyses portent sur les moyennes variétales par année et les blocs deviennent alors équivalents à des années.

4.3.1 Hypothèses indispensables à l'analyse statistique faisant intervenir l'analyse de variance

4.3.1.1 Introduction

4.3.1.1.1 En premier lieu, il est essentiel que l'essai/expérience en culture soit bien conçu et randomisé. Les hypothèses les plus importantes indispensables aux méthodes d'analyse de variance sont les suivantes :

- observations indépendantes
- homogénéité de la variance
- additivité des plans en blocs et effets sur la variété pour un protocole de blocs randomisés
- observations normalement distribuées (résidus)

4.3.1.1.2 On pourrait également dire que les données ne doivent pas faire l'objet d'erreurs. Ceci étant, il n'est pas nécessaire d'en faire une hypothèse. D'une part parce qu'on en traite déjà dans la section précédente sur la validation des données et, d'autre part, parce que, si des erreurs ont été commises (ou du moins de grandes erreurs), les hypothèses ci-dessus seront condamnées à l'échec car les observations ne seront pas normalement distribuées et elles auront des variances différentes (non-homogénéité des variances).

4.3.1.1.3 Les hypothèses mentionnées ici sont surtout importantes lorsque les méthodes statistiques fondées sur la méthode des moindres carrés sont utilisées pour les vérifier. Lorsque de telles méthodes statistiques sont utilisées uniquement pour estimer des effets (moyennes), les hypothèses sont moins importantes et l'hypothèse des observations normalement distribuées n'est pas nécessaire.

4.3.1.2 Observations indépendantes

Cette hypothèse est très importante. Elle signifie qu'aucune notation peut dépendre d'autres notations dans la même analyse (la dépendance entre les observations peut être incorporée dans le modèle mais elle ne l'a pas été dans les méthodes COYD et COYU ou les autres méthodes que contient le document TGP/8). La dépendance peut être causée par notamment la concurrence entre des parcelles voisines, le manque de randomisation ou une randomisation inadéquate. On trouvera dans la section 1.5.3.3.7 "Éléments de l'essai lors l'utilisation de l'analyse statistique" de la première partie du document de plus amples détails sur la nécessité d'assurer l'indépendance des observations .

4.3.1.3 Homogénéité de la variance

Par homogénéité de la variance, on entend que la variance de toutes les observations devrait être identique à l'exception de la variation aléatoire. Les écarts type de l'hypothèse de l'homogénéité de la variance relèvent le plus souvent d'un des deux groupes suivants :

i) La variance dépend de la moyenne, p. ex. plus la valeur de la moyenne est élevée, plus grand est l'écart type. Dans ce cas, les données peuvent souvent être transformées de telle sorte que les variances sur l'échelle transformée peuvent être approximativement homogènes. Au nombre des transformations typiques figurent la transformation logarithmique (lorsque l'écart type est grosso modo proportionnel à la moyenne), la transformation de la racine carrée (lorsque la variance est grosso modo proportionnelle à la moyenne, p. ex. les dénombrements) et la transformation angulaire (lorsque la variance est basse aux deux extrémités de l'échelle et plus élevée entre elles, ce qui est typique des pourcentages).

ii) La variance dépend par exemple de la variété, de l'année ou du bloc. Si les variances dépendent de ces variables d'une manière qui n'est pas liée à la valeur moyenne, il n'est pas possible d'obtenir par transformation l'homogénéité de la variance. Dans de tels cas, il pourrait être nécessaire soit d'utiliser des méthodes statistiques plus sophistiquées qui peuvent prendre en compte les variances inégales soit exclure le groupe d'observations à variances aberrantes of observations (si seulement un petit nombre d'observations a de telles variances). Pour illustrer le sérieux de l'hétérogénéité de la variance, imaginons un essai avec 10 variétés où les variétés A, B, C, D, E, F, G et H ont chacune une variance de 5 alors que les variétés I et J en ont chacune une de 10. On verra au tableau 2 la véritable probabilité de détecter les différences entre des variétés lorsqu'elles ont en fait la même moyenne. Dans ce tableau, les comparaisons entre les variétés sont fondées sur la variance groupée qui est normale dans une ANOVA traditionnelle. Si on les compare au moyen du niveau de signification de 1%, la probabilité que les deux variétés qui ont une variance de 10 deviennent très différentes l'une de l'autre est près de 5 fois plus grande (4,6%) qu'elle devrait l'être. D'autre part, la probabilité de différences significatives entre deux variétés qui ont une variance de 5 tombe à 0,5%, alors qu'elle devrait être de 1%. Cela signifie qu'il devient trop difficile de détecter les différences entre deux variétés qui ont de petites variances et trop facile de détecter les différences entre deux variétés qui ont de grandes variances.

Tableau 2. Probabilité réelle d'une différence significative entre deux variétés identiques lorsqu'on suppose l'homogénéité de la variance sans la réaliser
(Les variétés A à H ont une variance de 5 et les variétés I et J de 10.)

Comparaisons, noms des variétés	Test formel du niveau de signification	
	1%	5%
A et B	0,5%	3,2%
A et I	2,1%	8,0%
I et J	4,6%	12,9%

4.3.1.4 Observations normalement distribuées

Les résidus devraient être plus ou moins normalement distribués. Le résidu est la partie inexpliquée d'une observation qui subsiste après l'ajustement d'un modèle. Il s'agit de la différence entre l'observation et la prédiction et le modèle. La distribution normale idéale signifie que la distribution des données est symétrique autour de la valeur moyenne et avec le caractère en forme de cloche (Figure 2). Si les résidus ne sont pas grosso modo normalement distribués, le niveau effectif de signification peut d'écarter du niveau nominal. L'écart peut aller dans les deux sens en fonction de la manière dont la distribution effective des résidus s'écarte de la distribution normale. Toutefois, l'écart avec la normalité n'est en général pas aussi sérieux que les écarts des deux hypothèses précédentes.

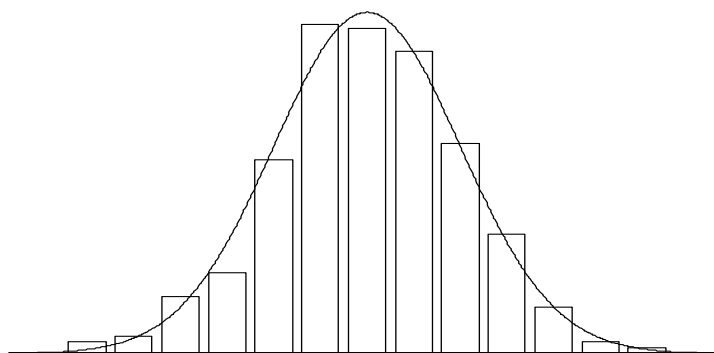


Figure 2. Histogramme des données normalement distribuées avec la distribution normale idéale montrée sous la forme d'une courbe

4.3.1.5 Additivité des plans en blocs et effets sur la variété

4.3.1.5.1 On suppose que les effets des blocs et des variétés sont additifs car le terme erreur est la somme de la variation aléatoire et l'interaction entre le bloc et la variété. Cela signifie que l'effet d'une variété donnée est le même dans tous les blocs. En atteste le tableau 3 où les moyennes parcellaires de données artificielles (de la longueur de la feuille en mm) sont données pour deux petites expériences avec trois blocs et quatre variétés. S'agissant de l'expérience I, les effets et blocs sont additifs car les différences entre deux variétés sont les mêmes dans tous les blocs, p. ex. la différence entre la variété A et la variété B est de 4 mm dans les trois blocs. S'agissant de l'expérience II, les effets ne sont pas additifs, les différences entre la variété A et la variété B étant de 2, 2 et 8 mm dans les trois blocs.

Tableau 3. Moyennes parcellaires artificielles de la longueur de la feuille en mm issues de deux expériences qui montrent les effets additifs des blocs et des variétés (à gauche) et les effets non additifs (à droite)

Expérience I			
Variété	Bloc		
	1	2	3
A	240	242	239
B	244	246	243
C	245	247	244
D	241	243	240

Expérience II			
Variété	Bloc		
	1	2	3
A	240	242	239
B	242	244	247
C	246	244	243
D	241	242	241

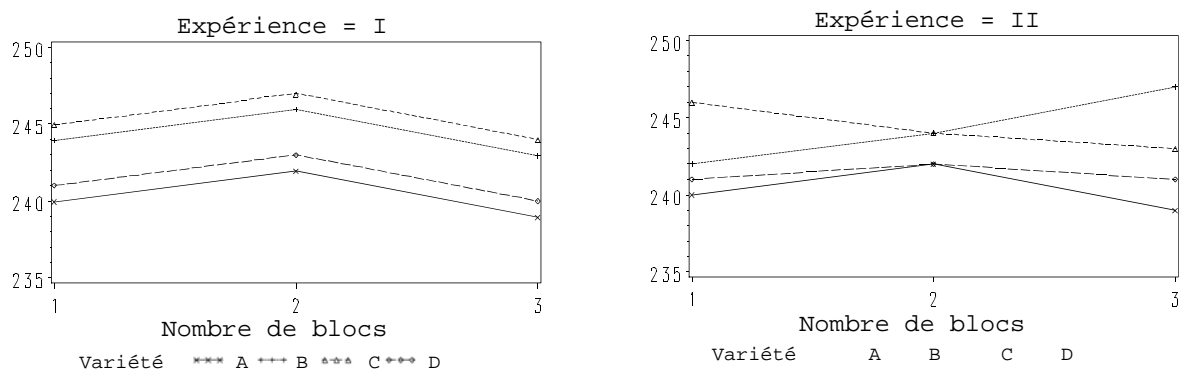


Figure 3. Moyennes parcellaires artificielles de deux expériences qui montrent les effets additifs des blocs et des variétés (à gauche) et non additifs (à droite) utilisant les mêmes données que celles du tableau 3.

4.3.1.5.2 La figure 3 présente les mêmes données sous la forme d'un graphique. Tracer les moyennes en fonction du nombre de blocs et joindre les observations des mêmes variétés avec des lignes droites produit les graphiques. On aurait pu tracer les moyennes en fonction du nom des variétés et joindre les observations des mêmes blocs (une méthode à privilégier peut-être en particulier si nombre de variétés doivent être montrées sur la même figure). L'hypothèse d'additivité est vérifiée si les lignes relatives aux variétés sont parallèles (à l'exception de la variation aléatoire). Étant donné qu'il n'y a qu'une valeur de donnée pour chaque variété dans chaque bloc, il n'est pas possible de séparer les effets d'interaction de la variation aléatoire. Dans la pratique donc, la situation n'est pas aussi simple et facile qu'on pourrait le croire puisque les effets risquent d'être occultés par la variation aléatoire.

4.3.2 Validation des hypothèses indispensables à l'analyse statistique

4.3.2.1 Introduction

4.3.2.1.1 Le principal but de la validation est de vérifier que les hypothèses indispensables aux analyses statistiques sont réalisées. Elle sert cependant aussi à vérifier que les données ne contiennent aucune erreur.

4.3.2.1.2 Différentes méthodes peuvent être utilisées pour valider les hypothèses. On en trouvera ci-dessous quelques-unes :

- voir ce qu'il y a derrière les données pour vérifier les hypothèses

- produire des graphiques ou des figures pour vérifier les hypothèses
- effectuer des tests statistiques formels pour les différents types d'hypothèses. On peut trouver dans la littérature plusieurs méthodes pour tester les valeurs aberrantes, l'homogénéité de la variance, l'additivité et la normalité. Elles ne seront pas mentionnées ici parce que bon nombre d'entre elles dépendent d'hypothèses qui n'influent pas sérieusement sur la validité des méthodes COYD et COYU et, en partie, parce que la puissance de ces méthodes dépend fortement de la taille de l'échantillon (cela signifie que l'absence d'hypothèses peut rester inaperçue dans les petites séries de données alors que de petits écarts sans importance peuvent devenir statistiquement significatifs dans les grandes séries)

4.3.2.2 *Derrière les données*

Dans la pratique, cette méthode n'est applicable que lorsqu'il faut vérifier quelques observations. Pour les grandes séries de données, cette méthode prend trop de temps et fastidieuse tandis que le risque de négliger des données suspectes augmente au fur et à mesure que l'on examine les données. En outre, il est très difficile d'évaluer la distribution des données et le degré d'homogénéité de la variance lorsque cette méthode est utilisée.

4.3.2.3 *Les figures*

4.3.2.3.1 Différentes figures peuvent être préparées qui contribuent à la validation des différents aspects. Bon nombre consistent à mettre en graphique de différentes façons les résidus. (Les résidus sont les différences entre les valeurs observées et les valeurs prédites par le modèle statistique).

4.3.2.3.2 On peut utiliser le tracé des résidus en fonction des valeurs prédites pour évaluer la dépendance de la variance à l'égard de la moyenne. S'il n'y a pas de dépendance, les observations devraient alors tomber approximativement (sans écart systématique) dans une bande symétrique horizontale autour de zéro (Figure 4). Lorsque la variance augmente avec la moyenne, les observations tomberont approximativement dans un entonnoir dont l'extrémité étroite se dirige vers la gauche. Les observations aberrantes, qui peuvent être des erreurs, apparaîtront sur une telle figure en tant qu'observations qui ont manifestement échappé de la bande horizontale formée par la plupart de autres observations. Dans l'exemple qu'utilise la figure 4, aucune observation ne semble être aberrante (la valeur dans le coin gauche en bas où le résidu est d'environ -40 mm peut à première vue donner l'impression de l'être mais plusieurs observations ont des valeurs positives de la même taille numérique). Il sied de noter ici qu'une valeur aberrante n'est pas forcément une erreur et qu'une erreur ne constituera pas forcément une valeur aberrante.

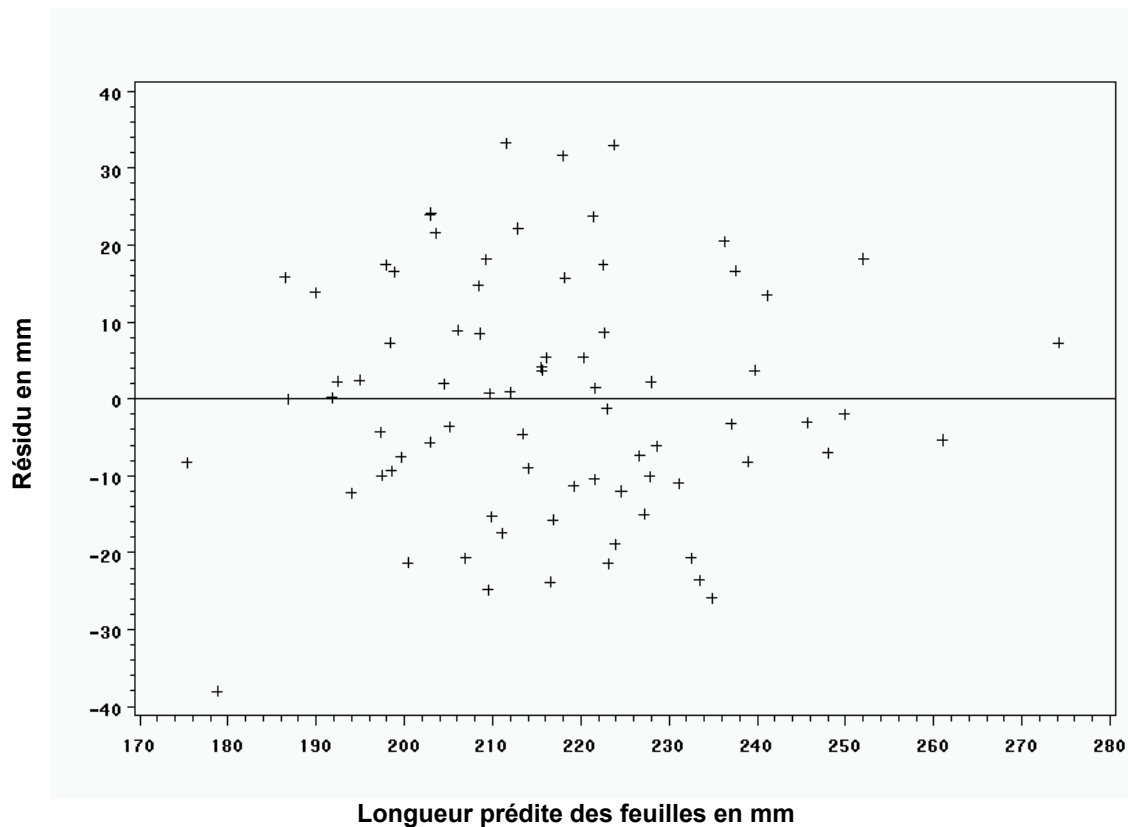
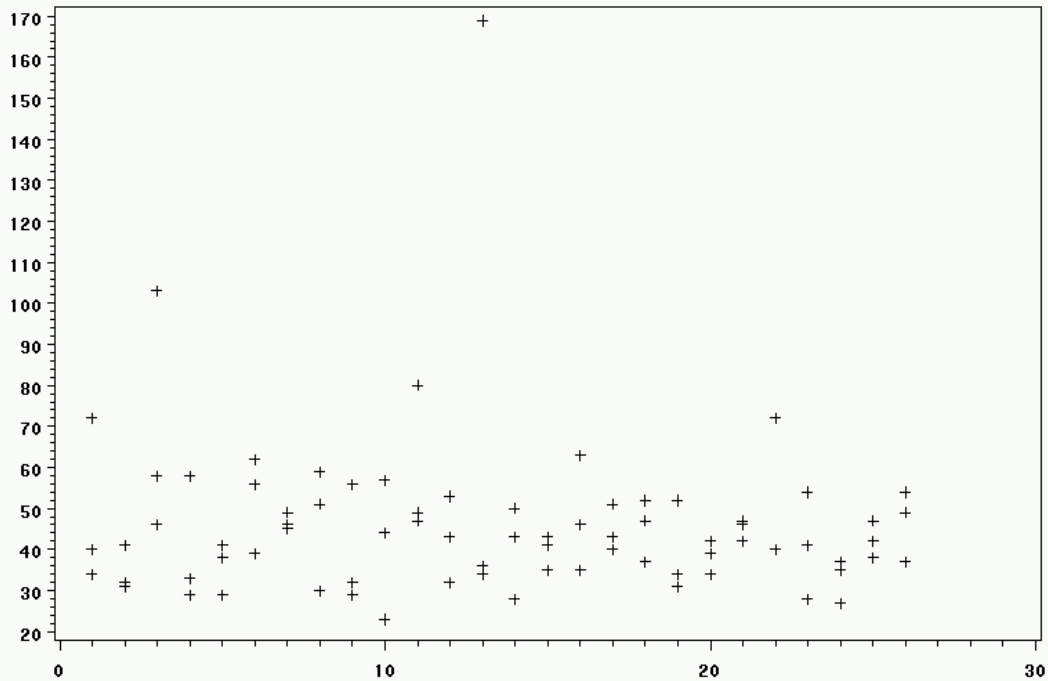


Figure 4. Graphique de résidus par rapport aux valeurs parcellaires prédites pour la longueur des feuilles de 26 variétés de colza dans 3 blocs

4.3.2.3.3 Les résidus peuvent également être utilisés pour former un histogramme (figure 2) à partir duquel il est possible d'évaluer l'hypothèse relative à la distribution.

4.3.2.3.4 La gamme (valeur maximum moins valeur minimum) ou l'écart type de chaque parcelle peut être mise en graphique en fonction de quelques autres variables comme les moyennes parcellaires, le nombre de variétés ou le nombre de parcelles. Ces chiffres (figure 5) peuvent aider à trouver des variétés ayant une variation très marquée (toutes les parcelles de la variété qui a une grande valeur) ou des parcelles où la variation est extrêmement grande (peut-être causée par une plante isolée). On peut voir à l'évidence que la gamme dans l'une des parcelles de la variété 13 est beaucoup plus étendue que dans les deux autres parcelles. Par ailleurs, la gamme dans l'une des parcelles de la variété 3 semble relativement vaste.

Fourchette des longueurs des feuilles en mm



Nombre de variétés

Figure 5. Différences entre la longueur minimum et le maximum de 20 feuilles pour 3 parcelles par rapport au nombre de variétés de colza

4.3.2.3.5 On peut utiliser une figure avec les moyennes parcellaires (ou les moyennes ajustées pour les variétés) en fonction du nombre de parcelles pour découvrir si le caractère dépend de l'endroit dans le champ (Figure 6). Pour cela, il faut bien sûr que les parcelles soient numérotées de telle sorte que les numéros indiquent l'endroit relatif. Dans l'exemple de la figure 6, on constate clairement que la tendance est à une légère diminution de la longueur de la feuille en fonction du numéro de la parcelle. Cette tendance sur la surface utilisée pour l'essai sera cependant expliquée dans ce cas particulier par les différences entre les blocs (les parcelles 1 à 26 sont le bloc 1, les parcelles 27 à 52 le bloc 2 et les parcelles 53 à 78 le bloc 3).

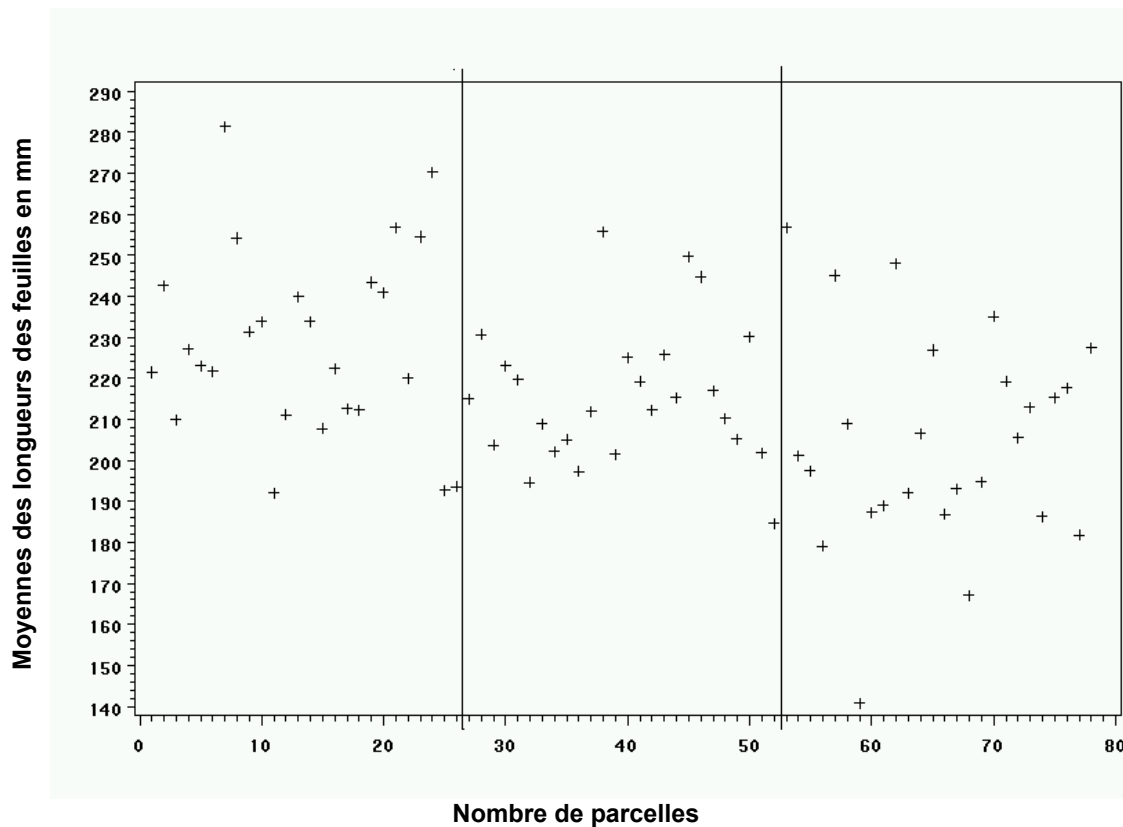


Figure 6. Moyennes parcellaires de 20 longueurs de feuille par rapport au nombre de parcelles

4.3.2.3.6 Les moyennes parcellaires peuvent également servir à former une figure où il est possible de vérifier visuellement l'additivité des plans en blocs et effets sur la variété (figure 3).

4.3.2.3.7 Graphiques de probabilité normale (Figure 7). Ce type de graphique sert à évaluer la mesure dans laquelle la distribution de la variable suit la distribution normale. La variable choisie sera mise en graphique dans un graphique libre en fonction des valeurs "attendues de la distribution normale". Le graphique de probabilité normale est construit de la manière suivante. En premier lieu, les résidus (écarts par rapport aux prédictions) sont classés par rang. À partir de ces rangs, le programme calcule les valeurs attendues de la distribution normale, ci-après appelées valeurs z qui sont placées sur l'axe X du graphique. Si les résidus observés (placés sur l'axe Y) sont distribués normalement, toutes les valeurs devraient alors apparaître sur une ligne droite. Si les résidus ne sont pas distribués normalement, ils s'écarteront alors de la ligne. Les valeurs aberrantes peuvent également devenir évidentes dans ce graphique. S'il y a un manque général de conformité et si les données semblent former un schéma clair (p. ex. un S) autour de la ligne, la variable peut alors devoir être transformée.

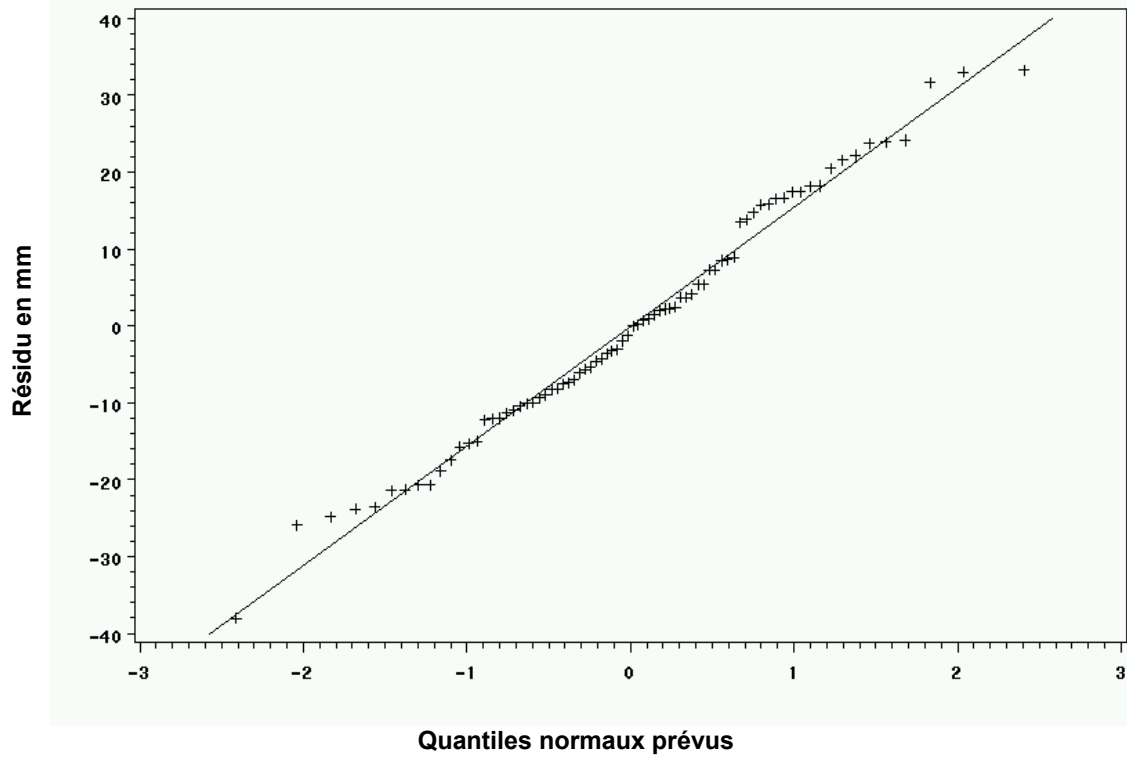


Figure 7. Graphique de probabilité normale pour les résidus de la longueur des feuilles de 26 variétés de colza dans 3 blocs

5. CHOIX DES MÉTHODES STATISTIQUES AUX FINS DE L'ÉVALUATION DE LA DISTINCTION

5.1 Introduction

5.1.1 La présente section traite de quelques facteurs de caractère général à prendre en considération lorsqu'il faut choisir des méthodes statistiques appropriées d'évaluation de la distinction. Elle inclut un examen des facteurs qui influent sur le choix de la méthode et, comme l'examen statistique utilisé par chaque méthode constitue une partie essentielle de cette méthode, elle inclut également une brève analyse des tests statistiques, des facteurs qui influent sur leur choix et quelques observations sur leur utilité dans des situations particulières.

5.1.2 On utilise le plus couramment des méthodes statistiques pour évaluer la distinction de caractères quantitatifs mesures de variétés allogames lorsque les données provenant de l'essai en culture d'une variété sont sujettes à variation. En raison de cette variation, des critères de distinction fondés sur des méthodes statistiques sont nécessaires pour séparer les véritables différences variétales de la variation au hasard et décider ainsi si la variété candidate est distincte avec un certain niveau de certitude que la décision prise est la bonne.

5.1.3 La variation peut se produire par exemple d'une plante à l'autre, d'une parcelle à l'autre et d'une année sur l'autre. La question de savoir si un seul cycle de végétation ou plus est nécessaire pour s'assurer que les différences observées entre les variétés sont suffisamment reproductibles dépendra des degrés de variation de ces différentes sources observées dans une espèce. La section 1.2 de la première partie du présent document donne des informations sur les cycles de végétation.

5.2 Méthodes statistiques à utiliser avec deux ou plus de deux cycles de végétation indépendants

5.2.1 Introduction

5.2.1.1 Plusieurs méthodes statistiques ont été mises au point pour évaluer la distinction lorsqu'il y a au moins deux cycles de végétation indépendants. Le choix de la méthode à utiliser dépend en partie de l'espèce et, en partie, de la question de savoir si les conditions relatives à l'essai et aux données pour les différentes méthodes statistiques sont remplies. Lorsque ces conditions ne sont pas remplies comme par exemple lorsqu'il n'existe pour un taxon qu'une seule variété ou un très petit nombre d'entre elles, ce qui rend impossible un examen à grande échelle, on pourrait alors utiliser d'autres méthodes appropriées.

5.2.1.2 Les principes communs aux méthodes statistiques appropriées qui sont utilisées pour évaluer la distinction lorsqu'il y a au moins deux cycles de végétation indépendants sont les suivants :

- des tests statistiques des différences entre les moyennes variétales sont utilisés pour déterminer si les différences entre variétés dans l'expression de leurs caractères sont significatives; et
- la nécessité pour les différences d'être reproductibles d'un cycle de végétation à l'autre. Cette condition peut faire partie du test statistique comme dans le cas de la méthode COYD ou ne pas en faire partie comme dans le cas des méthodes 2 x 1% et Match.

Dans un souci de brièveté, on utilisera ci-dessous le terme "année" encore que, à ces fins, il soit interchangeable avec l'expression "cycle de végétation indépendant".

5.2.1.3 Exemples de méthodes statistiques appropriées :

- a) Les méthodes COYD et COYD à long terme pour évaluer la distinction, qui ont été mises au point par l'UPOV pour analyser les données de deux années ou plus d'essais en culture lorsqu'il y a soit un certain nombre minimum au moins de variétés au banc d'essai soit des données d'essais suffisants provenant d'années écoulées. La question de savoir si les différences sont suffisamment reproductibles est réglée au moyen d'un test statistique fondé sur une PPDS bilatérale pour déterminer si les différences relatives aux moyennes variétales sur plusieurs années sont significatives. On trouvera à la section 3 de la deuxième partie du document TGP/8 les détails des méthodes COYD et COYD à long terme ainsi que les modalités de leur utilisation.

b) La méthode 2 x 1% pour évaluer la distinction, qui elle aussi a été mise au point par l'UPOV en vue d'analyser les données d'essais en culture effectués sur deux ou plusieurs années. Les différences sont évaluées chaque année au moyen d'un test statistique fondé sur une PPDS bilatérale pour comparer les moyennes variétales de chacune de ces années. Pour régler la question de savoir si ces différences sont suffisamment reproductibles, il faut que deux variétés présentent une différence significative dans le même sens, au seuil de 1%, les deux années, ou, lorsque les essais sont effectués sur trois années, sur au moins deux des trois années. On trouvera à la section 4 de la deuxième partie du document TGP/8 les détails de la méthode 2 x 1% et une explication de sa différence avec la méthode COYD.

c) Le modèle J. Match d'évaluation de la distinction a été mis au point pour analyser des données provenant de plusieurs cycles de végétation. Les essais sont effectués par l'obtenteur durant le premier cycle et examinés par le service d'examen au cours du deuxième cycle (voir le document TGP/6 "Arrangements en vue de l'examen DHS, section 2 "Exemples d'arrangements en vue de l'examen DHS"). La question de savoir si les différences sont suffisamment reproductibles est examinée au moyen d'un test statistique (p. ex. PPDS, test de comparaisons multiples (MRT), Khi carré ou test exact de Fisher) pour déterminer si les différences durant le deuxième cycle sont significatives et conformes à la "direction des différences" déclarée par les obtenteurs lors du premier cycle de végétation. Le choix du test statistique dépend du type d'expression du caractère concerné. On trouvera des précisions sur le modèle Match à la section 7 de la deuxième partie du document TGP/8.

5.2.1.4 En ce qui concerne la cohérence et l'harmonisation, il convient de noter que des méthodes statistiques différentes pourraient produire des résultats différents.

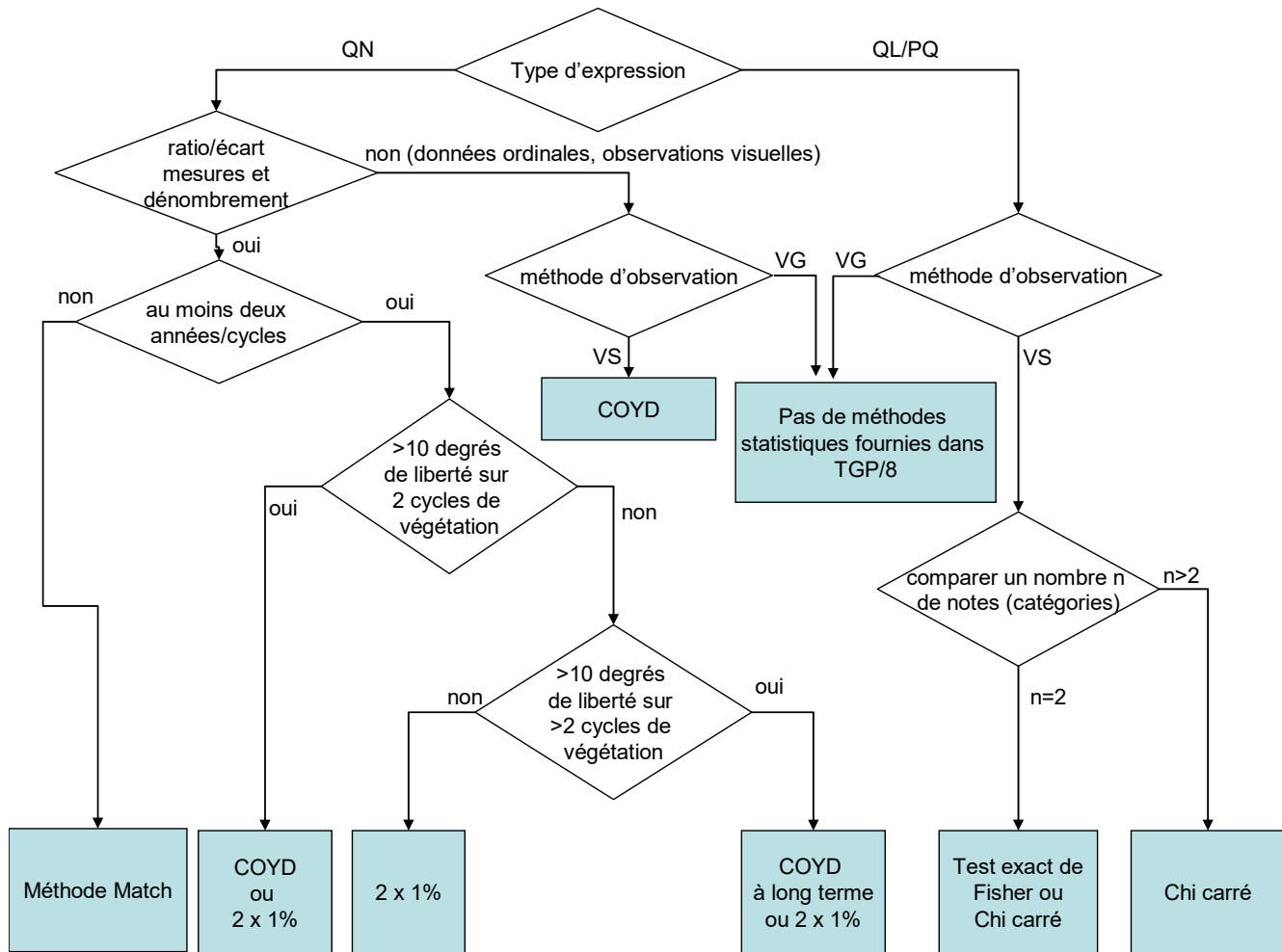
5.3 Résumé de certaines méthodes statistiques d'examen de la distinction

5.3.1 Quelques méthodes statistiques utilisées dans l'examen DHS

		<u>Méthode d'observation</u>	Nombre minimum d'années/cycles de végétation	Degrés minimum de liberté	Hypothèse à vérifier	Type de caractère	Autre
	COYD*	<u>MS/VS</u>	2	20 pendant deux années/cycles de végétation	D/non-D pour les moyennes variétales	QN	-
	COYD à long terme*	<u>MS/VS</u>	2	20 (utilisant des données de plus de deux années/cycles de végétation)	D/non-D pour les moyennes variétales	QN	-
	2 x 1%	<u>MS</u>	2		D/non-D pour les moyennes variétales	QN	-
Méthodes Match	Khi carré	<u>VS</u>	-	-	Hypothèse pour D fondée sur des faits ou principes connus antérieurement	PQ/QN	2 variétés ou plus comparées par un caractère Expressions attribuées à deux catégories ou plus La valeur de chaque catégorie est inférieure à 5
	Test exact de Fisher	<u>VS</u>	-	-	Hypothèse pour D fondée sur des faits ou principes connus antérieurement*	PQ/QN	2 variétés comparées par un caractère Expressions attribuées à deux catégories ou plus La valeur de chaque catégorie est inférieure à 10

* Dans certaines circonstances, *MG et VG peuvent aussi être applicables.

5.4 Conditions à remplir pour les méthodes statistiques d'examen de la distinction



Il peut exister d'autres méthodes statistiques adaptées à l'examen de la distinction en dehors de celles indiquées ci-dessus.

6. MISE EN ESSAI CYCLIQUE DE VARIÉTÉS DE LA COLLECTION DE VARIÉTÉS POUR RÉDUIRE LA TAILLE DES ESSAIS

6.1 Résumé des critères d'application de la méthode

La mise en essai cyclique de variétés de la collection de variétés (variétés reconnues) pour réduire la taille des essais se prête à des essais où :

- la distinction est déterminée par la méthode d'analyse COYD;
- le nombre de variétés reconnues est excessif pour des raisons de coût et pour des raisons pratiques;
- il devrait y avoir au moins 20 degrés de liberté pour le carré moyen des variétés par année ajusté de la MJRA dans l'analyse COYD adaptée de variance. Dans le cas contraire, la mise en culture de variétés reconnues ne devrait pas être utilisée ;
- trois cycles de végétation indépendants sont normalement cultivés. Les conseils ci-dessous traitent de ce cas. Toutefois, cela peut également s'appliquer aux espèces pour lesquelles deux cycles de végétation indépendants sont normalement cultivés.

6.2 Résumé

La mise en essai cyclique des variétés reconnues et en analyse par données compensées est un système qui vise à réduire la taille des essais DHS tout en conservant la rigueur de l'examen. Elle peut être utilisée dans des essais où la distinction est déterminée par la méthode d'analyse COYD.

Le système consiste à allouer chacune des variétés reconnues à l'une des trois séries une série omise à tour de rôle de l'essai chaque année⁵. Les variétés candidates sont incluses dans les essais durant les trois années de leur période d'examen, plus une quatrième année. Si, après un examen DHS, une variété est ajoutée à la collection de variétés, elle est attribuée à une série et est supprimée cycliquement des essais une fois tous les trois ans.

La distinction est évaluée en appliquant une adaptation de l'analyse COYD au tableau incomplet des moyennes par caractère des variétés (variétés candidates et reconnues) durant la période d'examen de trois ans. Lorsque font défaut des données pour une variété, on utilise les données des deux années précédant la période d'examen. Si l'homogénéité est déterminée par l'analyse COYU, elle peut être appliquée au tableau incomplet des écarts types des caractères des variétés (variétés candidates et reconnues) durant la période d'examen de trois ans. Avant son adoption, les données historiques devraient être utilisées pour comparer les décisions DHS prises sur la base du système de mise en essai cyclique aux décisions prises sur la base du système existant.

6.3 Mise en essai cyclique de variétés reconnues

Les variétés reconnues sont attribuées à l'une de trois séries. Une série est supprimée cycliquement de l'essai chaque année (figure 1). Par conséquent, les variétés appartenant à la série 1 dans la figure 1 ne seront pas mises en culture en 2010, 2013 ou 2016 alors que celles appartenant à la série 3 ne le seront pas en 2012, 2015 ou 2018. Cela aura pour résultat une taille des essais plus petite car un tiers des variétés reconnues est supprimé de l'essai chaque année. Chaque variété candidate est mise en culture dans l'essai et fait l'objet d'un enregistrement de données pour chaque année d'une période d'examen de trois ans (2014 à 2016 dans la figure 1 ci-dessous), après quoi une décision DHS est prise. En raison d'un décalage possible entre l'examen DHS final et la décision de l'application, les variétés candidates sont maintenues en essai pendant une quatrième année après la période d'examen de trois ans. Si une décision positive est prise, elles deviendront des variétés reconnues et entreront dans le système de mise en essai cyclique. Par conséquent, toutes les variétés nouvellement acceptées sont initialement présentes dans l'essai pendant quatre années consécutives et toutes les variétés qui sont soumises à un essai pendant la même année suivent le même cycle d'omissions les années suivantes. Aussi, les variétés candidates qui ont eu leur dernière année d'examen DHS en 2012 (figure 1) sont-elles en essai pendant une quatrième année en 2013 et se joignent

⁵ Aux fins du présent document, "année" désigne un "cycle de végétation".

aux variétés reconnues de la série 2. Le dernier examen DHS des variétés candidates en 2013, 2014 et 2015 se joindrait aux séries 3, 1 et 2 respectivement.

Les variétés reconnues sont dans un premier temps attribuées à des séries d'une manière qui minimise le risque d'erreur. Outre l'attribution initiale, le choix des variétés reconnues après chaque série est déterminé par les variétés candidates soumises à un essai lors des années antérieures et par les variétés reconnues que les déposants décident de retirer. Bien qu'un nombre exactement égal de variétés reconnues appartenant à chaque série ne soit pas essentiel, il est conseillé d'introduire dans l'essai un nombre identique de variétés dans chaque série. Cela devrait se faire en transférant des variétés reconnues entre les séries et ce, en les implantant durant les années pendant lesquelles elles devraient être supprimées.

Figure 1. Configuration et utilisation des données pour la période d'examen 2014-2016

ANNÉES D'ESSAI	2010	2011	2012	2013	PÉRIODE D'EXAMEN			2017	2018
					2014	2015	2016		
Variétés candidates					X	X	X	*	
Variétés reconnues									
Série 1		X	X		X	X		*	*
Série 2	O		X	X		X	X		*
Série 3	O	X		X	X		X	*	
Nouvelles variétés reconnues – sous forme de tableau									
Dernier examen DHS en 2012 (Série 2)	O	O	X ^F	X		X	X		*
Dernier examen DHS en 2013 (Série 3)		O	X	X ^F	X		X	*	*
Dernier examen DHS en 2014 (Série 1)			X	X	X ^F	X		*	*
Dernier examen DHS en 2015 (Série 2)				O	X	X ^F	X		*

X Indique les données saisies en utilisant un maximum de 4 années pour l'examen de la distinction et dans le cadre de la période d'examen (encadré) pour l'examen de l'homogénéité

O Indique que des données sont présentes mais pas saisies

F Indique la dernière année d'examen DHS de nouvelles variétés reconnues

* Indique une future inclusion dans l'essai

☐ (dans l'encadré) Indique les données utilisées pour l'examen de l'homogénéité

6.3.1 Évaluation de la distinction par compensation des données

Par usage, lorsqu'on utilise l'analyse COYD pour évaluer la distinction, on l'applique à une variété "complète" (candidate et reconnue) au moyen d'un tableau des moyennes par caractère. Avec la mise en essai cyclique, ce tableau est incomplet pour les variétés reconnues. Pour l'évaluation de la distinction, lorsque des données sur une variété reconnue font défaut, les données figurant dans les fichiers informatiques d'années antérieures sont utilisées pour pallier la perte de données. En raison du manque d'années de chevauchement avec les variétés candidates, la valeur des données antérieures n'est pas aussi élevée que celle des données de la période d'examen. S'agissant des espèces auxquelles la mise en essai cyclique a été appliquée à ce jour, il faut, pour préserver la fiabilité de l'examen, inclure deux années de données antérieures lorsqu'une année de données actuelles fait défaut pour une variété reconnue. Par conséquent, pour la période d'examen 2014-2016 illustrée à la figure 1, les variétés reconnues de la série 1 auraient des données saisies de 2011 et 2012, celles de la série 2 des données de 2012 et 2013 et celles de la série 3 des données de 2011 et 2013. Même lorsqu'un plus grand nombre d'années de données antérieures sont disponibles (indiquées par un O dans la figure 1), pour éviter de réduire la rigueur de l'examen de distinction, seules les deux années les plus récentes sont utilisées pour pallier l'année actuelle manquante. Par conséquent, tandis que des données de 2010 et d'années antérieures sont disponibles pour les variétés des séries 2 et 3, de telles données ne sont pas saisies pour la période d'examen 2014-2016.

Il arrive que des données sur une variété reconnue seront disponibles pour une année où sa série apparaît indiquer qu'elle ne serait pas présente dans l'essai. Tel est le cas pour la quatrième année après la période d'examen de trois ans lorsqu'une variété candidate est devenue une variété reconnue à l'essai ou lorsqu'une variété reconnue est nécessaire pour un examen spécial avec une variété problématique. Dans ce cas-là, la variété reconnue aurait des données complètes disponibles durant la période d'examen et aucune donnée antérieure ne serait saisie pour l'examen de la distinction. En conséquence, pour la période d'examen 2014-2016, le dernier examen DHS en 2015 pour les variétés candidates acceptées ne ferait l'objet d'aucune saisie de données antérieures contrairement au dernier examen DHS en 2012, 2013 et 2014.

6.3.2 *Méthode d'analyse pour déterminer la distinction*

La distinction est évaluée en appliquant une adaptation de l'analyse COYD avec l'analyse de régression conjointe modifiée (MJRA) appliquée aux données comprenant le tableau incomplet des moyennes par caractère des variétés (candidates et reconnues) durant la période d'examen de trois ans avec les données rétrospectives de compensation pour les variétés reconnues faisant défaut durant la période d'examen. Les détails de la méthode d'analyse et un exemple sont donnés dans la section 1.7.

6.3.3 *Détermination de l'homogénéité*

Par usage, lorsqu'on utilise la méthode COYU pour déterminer l'homogénéité, on l'applique à une variété "complète" (candidate et reconnue) au moyen d'un tableau représentant les années de la période d'examen et les écarts types de la variété. Avec le système de mise en essai cyclique, comme on peut le voir avec l'année encadrée par les combinaisons de variétés à la figure 1, ce tableau est incomplet pour les variétés reconnues. La méthode COYU est appliquée à ce tableau et rien n'est tenté pour pallier les données incomplètes. Cela est dû au fait que la méthode COYU consiste à mettre en commun au fil des ans les écarts types pour toutes les variétés reconnues disponibles tout en tenant compte du lien entre les moyennes variétales et les écarts types. Le but est de fournir une norme d'homogénéité en fonction de laquelle comparer les écarts types des variétés candidates. Par conséquent, il n'est pas possible de faire une correction pour les écarts types d'années hors de la période d'examen. En conséquence, seules les données d'homogénéité des variétés reconnues durant la période d'examen sont utilisées pour établir la norme d'homogénéité des variétés candidates.

6.4 Comparaison du système de mise en essai cyclique au système existant

Avant l'adoption du système de mise en essai cyclique, les données antérieures devraient être utilisées pour comparer les décisions DHS prises sur la base de ce système aux décisions prises sur celle du système existant. Sous réserve que toutes les variétés reconnues aient été mises en culture avec le système existant, le système de mise en essai cyclique peut être simulé en attribuant des variétés reconnues aux séries, remplaçant le cas échéant leurs données avec des symboles de données manquantes dans les fichiers informatiques, et notamment les fichiers d'années antérieures pour lesquels des données doivent être saisies pour pallier à ces données "manquantes". Les décisions en matière de distinction et d'homogénéité qui auraient été prises sur la base du système de mise en essai cyclique peuvent alors être comparées à celles qui auraient été prises sur la base du système existant. Cette approche permet également une évaluation du nombre d'années de données rétrospectives qui devraient être incorporées à des fins correctives lorsqu'une année de données durant la période d'examen fait défaut pour une variété reconnue.

Note : si le logiciel DUSTNT est utilisé, il est possible de donner l'impression qu'une variété fait défaut tout simplement en l'enlevant du "fichier E". Au Royaume-Uni, dans le cas des essais DHS des plantes fourragères, par rapport au système précédent, le système de mise en essai cyclique a été considéré un peu moins fiable en matière d'examen de la distinction et un peu plus fiable en matière d'examen de l'homogénéité, avec un effet global minimal sur le taux d'acceptation DHS de la variété.

6.5 Logiciel du système de mise en essai cyclique

Le programme DUST CYCL a été mis au point pour permettre la saisie des données compensées, statistiquement analysées au moyen de la MJRA, et les résultats présentés dans des rapports qui se prêtent à l'évaluation de la distinction. L'évaluation de l'homogénéité repose sur les données de la période d'examen et utilise le programme DUST COYU. Ces deux programmes sont disponibles dans le cadre des versions DUST9 (fondée sur MSDOS) et DUSTNT (Windows NT et 95) du logiciel DUST.

6.6 Détails techniques additionnels et exemple d'analyse pour l'évaluation de la distinction

Cette section est importante pour le lecteur qui s'intéresse aux détails techniques. La distinction est évaluée en appliquant une adaptation de l'analyse COYD aux valeurs des données n qui comprennent le tableau incomplet des moyennes par caractère des variétés (candidates et reconnues) durant la période d'examen de trois ans avec les données rétrospectives de compensation pour les variétés reconnues faisant défaut pendant la période d'examen. Les caractères sont tous analysés par l'analyse de régression conjointe modifiée (MJRA)

qui échelonne les effets des variétés d'une année en haut ou en bas selon l'année en multipliant les effets des variétés par une sensibilité pour l'année.

Le modèle MJRA pour les données de mise en essai cyclique avec des variétés n_v durant les années n_y est le suivant :

$$c_{ij} = \mu + y_j + \beta_j v_i + \varepsilon_{ij}$$

où c_{ij} est la valeur d'un caractère pour la variété i durant l'année j , $i = 1, \dots, n_v$ et $j = 1, \dots, n_y$
 μ est la moyenne globale
 v_i est l'effet de la variété i th avec $\sum v_i = 0$
 y_j est l'effet de l'année j th avec $\sum y_j = 0$
 β_j est la sensibilité de l'année j .
 ε_{ij} est une erreur aléatoire associée à la variété i durant l'année j

Ce modèle est une adaptation d'un modèle proposé par Digby, P. (1979) où les effets de l'année sont échelonnés pour une variété en les multipliant par la sensibilité d'une variété. Étant donné que le modèle est non linéaire, il ne peut pas être adapté directement aux données mais doit être adapté de manière itérative pour obtenir des estimations de la moyenne variétale et des plus petites différences significatives (PPDS), qui sont fondées sur le carré moyen variétés/années ajusté selon la MJRA et utilisées pour comparer les moyennes variétales ainsi que pour déterminer la distinction. Les PPDS et le carré moyen variétés/années ajusté selon la MJRA sont sur $(n - 1 - 2(n_y - 1) - (n_v - 1))$ degrés de liberté, qui devraient être de 20 degrés de liberté au moins.

6.6.1 Exemple d'évaluation de la distinction

Prenons le tableau suivant de n dans la moyenne des variétés c_{ij} par année. La variété A représente les variétés candidates tandis que les variétés B, C et D représentent les trois séries de variétés reconnues. La période d'examen va des années 4 à 6.

Données indiquées à titre d'exemple

Variété	Année					
	1	2	3	4	5	6
A	-	-	-	6	2	3
B	-	6	4	-	6	7
C	7	10	-	8	11	-
D	11	-	14	10	-	17

L'ajustement du modèle donne des estimations finales de $\hat{\mu}, (\hat{y}_1, \dots, \hat{y}_6), (\hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_6), (\hat{v}_1, \dots, \hat{v}_4)$ comme suit : 7,862, (-2,12, 0,55, -1,20, -0,12, 1,16, 1,73), (0,91, 1,14, 1,26, 0,36, 1,39, 1,28), (-5,09, -2,12, 1,38, 5,81), d'où découle le tableau ci-après des moyennes :

Variété	Année						Moyenne
	1	2	3	4	5	6	
A	-	-	-	6	2	3	2,78 = 7,86 + -5,09
B	-	6	4	-	6	7	5,76
C	7	10	-	8	11	-	9,24
D	11	-	14	10	-	17	13,67
Moyennes	5,74	8,42	6,66	7,75	8,92	9,03	
Sensibilités	0,91	1,14	1,26	0,36	1,37	1,39	

L'ajustement du modèle prévoit également des erreurs types pour les moyennes sur un degré de liberté, ce qui, avec une valeur t critique bilatérale de 1% sur un degré de liberté, donne le tableau suivant de valeurs PPDS de 1% entre toutes les paires de variétés :

Variété	A	B	C
B	15,75		
C	18,00	15,64	
D	18,39	15,64	18,83

La comparaison de la PPDS de 1% entre les variétés A et D (18,39) avec la différence dans leurs moyennes montre que ces variétés ne sont pas très différentes au niveau de 1%. De plus amples détails de l'analyse et de l'exemple réel sont donnés dans Camlin *et al.* (2001).

Note : l'exemple ci-dessus sert à illustrer la méthode mais il repose sur une série de données artificiellement petite. Il donne pour résultat carré moyen variétés/années ajusté selon la MJRA et la PPDS avec un degré de liberté. Le minimum recommandé pour l'utilisation de la méthode pratiquée est de 20 degrés de liberté.

6.7 Bibliographie

Camlin, M. S., Watson, S., Waters, B. G. et Weatherup, S. T. C. (2001). The potential for management of reference collections in herbage variety registration trials using a cyclic planting system for reference varieties. *Plant Varieties and Seeds*, 14:1-14.

Digby, P (1979) Modified joint regression for incomplete variety x environment data. *Journal of Agricultural Science* 93, Cambridge, 81-86.

[La deuxième partie suit]

DEUXIÈME PARTIE : QUELQUES TECHNIQUES UTILISÉES DANS L'EXAMEN DHS

1. LA MÉTHODOLOGIE GAIA

La méthode GAIA a été mise au point pour optimiser les essais en évitant de cultiver certaines des variétés de la collection. Le principe consiste à calculer l'écart phénotypique entre chaque paire de variétés, cet écart étant la somme des écarts de chacun des caractères observés séparément. L'origine de la méthode repose sur la possibilité qui est donnée au phytotechnicien d'exprimer sa confiance pour les différences observées en attribuant des pondérations à la différence pour chaque caractère observé.

La méthode GAIA est principalement utilisée après un premier cycle de végétation pour recenser les variétés de la collection qui peuvent être exclues du ou des cycles de végétation ultérieurs parce qu'elles sont "distinctes plus" (voir la deuxième partie, section 1.3.2.1) de toutes les variétés candidates. Elle peut également recenser des variétés voisines sur lesquelles l'examineur DHS devra centrer son attention lors du cycle de végétation suivant.

1.1 Quelques bonnes raisons pour établir la somme des différences observées et pondérer celles-ci

1.1.1 Lorsqu'il évalue la distinction, un examineur DHS observe d'abord une variété caractère par caractère. Dans le cas de variétés voisines, il examine également toutes les différences observées dans leur ensemble. Le logiciel GAIA aide l'examineur DHS à évaluer les différences caractère par caractère et pour l'ensemble des caractères.

1.1.2 Un examineur DHS peut constater que deux variétés sont à ce point distinctes après le premier cycle de végétation qu'il n'est pas nécessaire de répéter la comparaison. Ces deux variétés, qui sont "distinctes plus" (voir la deuxième partie, section 1.3.2.1), sont manifestement distinctes.

1.1.3 Un examineur DHS peut devoir faire face à une situation dans laquelle deux variétés reçoivent des notes différentes mais il estime que les deux variétés sont voisines. La différence pourrait être due au fait que les variétés n'ont pas été cultivées très près l'une de l'autre (c'est-à-dire cultivées dans un milieu différent), ou à la variabilité de l'observateur lorsqu'il évalue les notes, etc.

1.1.4 Les caractères réagissent de manière différente aux conditions du milieu et à la précision avec laquelle ils sont observés (c'est-à-dire observation visuelle/mesure). Dans le cas des caractères qui sont sensibles aux conditions du milieu et que ne sont pas évalués avec une grande précision, l'examineur nécessite une grande différence entre la variété A et la variété B pour avoir la certitude que la différence observée indique une distinction.

1.1.5 S'agissant des caractères qui sont indépendants des conditions du milieu et qui sont évalués avec précision, l'examineur peut avoir la certitude qu'il y a une plus petite différence entre la variété A et la variété B.

1.1.6 Avec la méthode GAIA, l'examineur décide des pondérations appropriées à donner aux différences observées pour chaque caractère observé. Le logiciel calcule la somme des pondérations et indique au phytotechnicien les paires de variétés qui sont "distinctes plus" et celles qui ne le sont pas. L'examineur peut alors décider des variétés de la collection qui peuvent être exclues du ou des cycles de végétation ultérieures car elles sont déjà manifestement distinctes de toutes les variétés candidates.

1.2 Calcul de l'écart phénotypique par la méthode GAIA

1.2.1 Le principe de la méthode GAIA consiste à calculer un écart phénotypique entre deux variétés, c'est-à-dire l'écart total entre une paire de variétés résultant de la somme des pondérations de tous les caractères. Par conséquent, l'écart phénotypique GAIA est :

$$dist(i, j) = \sum_{k=1, nchar} W_k(i, j)$$

où :

$dist(i, j)$ est l'écart calculé entre la variété i et la variété j ;

k est le caractère k^{th} , du caractère $nchar$ choisi pour le calcul;

$W_k(i, j)$ est la pondération du caractère k , qui est une fonction de la différence observée entre la variété i et la variété j pour ce caractère.

$$W_k(i, j) = f(|OV_{ki} - OV_{kj}|)$$

où OV_{ki} est la valeur observée sur le caractère k pour la variété i .

1.2.2 On trouvera à la section 1.3 des informations détaillées sur e .

1.3 Information détaillée sur la méthode GAIA

1.3.1 Pondérer les caractères

1.3.1.1 Il importe de tenir compte de la corrélation entre caractères lors de la pondération. Si deux caractères sont liés (p. ex. hauteur de la plante, panicule comprise; hauteur de la plante, panicule non comprise), il est souhaitable d'en utiliser un seul dans GAIA afin d'éviter une double pondération. Par exemple, en partant de l'hypothèse que la longueur de la panicule est utilisée en tant que caractère, il serait souhaitable d'utiliser uniquement la hauteur de la plante, panicule comprise, ou la hauteur de la plante, panicule non comprise.

1.3.1.2 La pondération est définie comme étant la contribution d'un caractère donné à l'écart total entre une paire de variétés. Pour chaque espèce, ce système doit être calibré pour déterminer la pondération à donner à chaque différence et évaluer la fiabilité de chaque caractère dans des conditions données et pour la variabilité génétique concernée. C'est pour cette raison que le phytotechnicien joue ici un rôle essentiel.

1.3.1.3 La pondération dépend de l'ampleur de la différence ainsi que du caractère isolé. Les pondérations sont définies par le phytotechnicien sur la base de ses compétences concernant la plante et sur celle de la procédure d'apprentissage "essayer et vérifier" (voir le diagramme 3 à la fin de cette annexe). Le phytotechnicien peut attribuer zéro à de petites différences, raison pour laquelle, même si deux variétés ont des valeurs observées différentes pour de nombreux caractères, l'écart global peut être zéro. Pour une différence donnée, la même pondération est attribuée à n'importe quelle paire de variétés pour un caractère donné.

1.3.1.4 La pondération devrait être simple et cohérente. C'est ainsi par exemple que le phytotechnicien peut fonder les pondérations d'un caractère uniquement avec des valeurs à nombre entier, c'est-à-dire 0, 1, 2, 3 (ou plus).

Dans ce cas-là,

- une pondération 0 est donnée aux différences observées qui, pour ce caractère, sont considérées par le phytotechnicien comme étant peut-être causées par les effets sur l'environnement ou le manque de précision en mesure;
- une pondération de 1 est la pondération minimale qui peut contribuer en tant qu'écart non-zéro;
- une pondération 3 est considérée comme trois fois plus élevée en matière de confiance ou d'écart qu'une pondération 1.

1.3.1.5 Le seuil de distinction plus sera défini comme une valeur pour laquelle la somme des différences avec une pondération non-zéro est suffisamment grande que pour garantir une distinction fiable manifeste.

1.3.1.6 Le diagramme 3 est un diagramme qui décrit comment une procédure itérative "essayer et apprendre" peut être utilisée pour obtenir pas à pas une série satisfaisante de poids pour une plante agricole donnée.

1.3.1.7 L'exemple simple ci-après sur *Zea mays* montre le calcul de l'écart entre deux variétés :

Exemple : prenant le caractère "Tableau des pondérations – Forme de l'épi", observé sur une échelle de 1 à 3, le phytotechnicien a attribué une pondération aux différences qu'il juge significatives :

Forme de l'épi :

1 = conique

2 = cylindroconique

3 = cylindrique

Comparaison entre la différence dans les notes et la pondération		
	Notes	Pondération
conique (1) ou conique (1)	0	0
conique (1) ou cylindroconique (2)	1	2
conique (1) ou cylindrique (3)	2	6
cylindroconique (2) ou cylindroconique (2)	0	0
cylindroconique (2) ou cylindrique (3)	1	2
cylindrique (3) ou cylindrique (3)	0	0

Lorsque le phytotechnicien compare une variété "i" avec un épi conique (note 1) à une variété "j" avec un épi cylindrique (note 3), il attribue une pondération de 6, etc. Les pondérations sont résumées sous la forme d'un tableau de pondérations :

Tableau des pondérations "i"				
Variété "i"				
Variété "j"		1	2	3
	1	0	2	6
	2		0	2
	3			0

Lorsque le phytotechnicien compare une variété "i" avec un épi conique (note 1) à une variété "j" avec un épi cylindrique (note 3), il attribue une pondération de 6.

1.3.2 Exemples d'utilisation

1.3.2.1 Détermination de la "Distinction Plus"

1.3.2.1.1 Le seuil de l'écart phénotypique utilisé pour éliminer des variétés de l'essai en culture est appelé "distinction Plus" et fixé par le phytotechnicien à un niveau plus élevé que la différence nécessaire pour établir la distinction. Cela garantit que toutes les paires de variétés ayant un écart égal ou supérieur au seuil (Distinction Plus) seraient distinctes si elles étaient cultivées dans le cadre d'un autre essai.

1.3.2.1.2 Le seuil de "distinction Plus" doit reposer sur l'expérience acquise avec les variétés de la collection et il doit réduire au minimum le risque d'exclure dans un autre essai en culture une paire de variétés qui doivent être comparées plus en détail dans le champ.

1.3.2.2 Autres exemples d'utilisation

Utilisation de l'écart phénotypique dans le premier cycle de végétation

1.3.2.2.1 Une culture qui a une grande collection de variétés et n'utilise que des caractères sur une échelle 1 à 9; la méthodologie GAIA permet la sélection de variétés à inclure dans l'essai en culture. Cela peut être utilisé pour planifier les premiers essais du cycle de végétation ainsi que les cycles de végétation ultérieurs.

1.3.2.2.2 Dans les cultures qui n'ont qu'un nombre relativement bas de variétés candidates et une petite collection de variétés, qui permet au phytotechnicien de semer toutes les variétés candidates (p. ex. une plante agricole), et les variétés appropriées de la collection, dans deux ou trois cycles de végétation successifs. Les mêmes variétés sont semées dans une configuration aléatoire pendant les cycles de végétation 1, 2 et 3. Le logiciel aidera à recenser les paires avec un petit écart afin de permettre au phytotechnicien de centrer son attention sur ces cas particuliers lorsqu'il visite le champ.

Utilisation de l'écart phénotypique après le premier essai en culture

1.3.2.2.3 Après un cycle de végétation (p. ex. dans l'examen d'une culture ornementale), les données absolues et les calculs de l'écart sont une manière objective d'obtenir la décision du phytotechnicien car la qualité de l'observation et la fiabilité des différences observées ont été prises en compte dans le système de pondération. Si, avant qu'une décision ne soit prise, il faut procéder à des cycles de végétation additionnels, le logiciel aide à recenser les cas sur lesquels le phytotechnicien doit axer son attention.

1.3.2.2.4 Lorsqu'il y a de nombreuses variétés candidates et de nombreuses variétés dans la collection et lorsque grande est la variabilité au sein de l'espèce (p. ex. une plante potagère comme *Capsicum*); d'une part, il y a déjà des différences évidentes après un seul cycle de végétation mais, de l'autre, quelques variétés sont très similaires. Pour que ses vérifications soient plus efficaces, le phytotechnicien souhaitera cultiver des variétés "voisines" proches l'une de l'autre. Les résultats bruts et les écarts aideront à choisir les variétés "voisines" et à décider de la configuration de l'essai pour le prochain cycle de végétation.

1.3.2.2.5 Dans le cas des cultures pour lesquelles il y a de nombreuses variétés voisines et pour lesquelles il est courant de faire des comparaisons en parallèle, le logiciel GAIA peut servir à recenser les variétés voisines après le premier cycle, en particulier lorsque le nombre de variétés dans un essai augmente, ce qui rend moins facile l'identification de toutes les situations à problème. Le logiciel peut aider à "ne pas manquer" les cas moins évidents.

1.3.2.2.6 Dans le cas des variétés ornementales à multiplication végétative, l'examen dure pendant un ou deux cycles de végétation : après le premier cycle, quelques variétés de la collection au banc d'essai sont manifestement différentes de toutes les variétés candidates et leur inclusion dans le deuxième cycle n'est pas nécessaire. Lorsque le nombre de variétés est élevé, les données brutes et l'écart ou les écarts peuvent aider le phytotechnicien à détecter les variétés de la collection pour lesquelles le deuxième cycle de végétation est inutile.

1.3.3 Calculer l'écart phénotypique par la méthode GAIA

Le principe consiste à calculer l'écart phénotypique entre deux variétés, qui est la somme des pondérations attribuées par le phytotechnicien aux différences qu'il a observées.

L'écart phénotypique GAIA est le suivant :

$$dist(i, j) = \sum_{k=1, nchar} W_k(i, j)$$

où :

$dist(i, j)$ est l'écart calculé entre la variété i et la variété j .

k est le caractère k^{th} , du caractère $nchar$ choisi pour le calcul.

$W_k(i, j)$ est la pondération du caractère k , qui est une fonction de la différence observée entre la variété i et la variété j pour ce caractère k .

$$W_k(i, j) = f(|OV_{ki} - OV_{kj}|)$$

où OV_{ki} est la valeur observée du caractère k pour la variété i .

Le calcul de cet écart phénotypique permet de :

- comparer deux variétés,
- comparer une variété donnée à toutes les autres variétés,
- comparer toutes les variétés candidates à toutes les variétés observées [candidates + variétés de la collection figurant dans l'essai en culture],
- comparer toutes les combinaisons de paires.

1.3.4 Logiciel GAIA

1.3.4.1 Le logiciel GAIA permet de calculer l'écart phénotypique au moyen des caractères UPOV figurant dans les principes directeurs d'examen qui peuvent être utilisés seuls ou ensemble. L'utilisateur peut décider du type de données et des modalités de leur utilisation. Il peut choisir tous les caractères disponibles ou différents sous-ensembles de caractères.

1.3.4.2 Le logiciel GAIA est surtout utilisé pour définir un seuil "distinct plus" qui correspond à une distinction fiable et évidente.

1.3.4.3 Rappelez-vous que toutes les différences avec une pondération zéro ne contribuent pas du tout à l'écart. Deux variétés peuvent avoir des notes différentes dans un nombre de caractères observés et finir avec un écart zéro.

1.3.4.4 Les poids non-zéro sont calculés dans l'écart. Si l'écart est plus petit que le seuil de distinction plus, même s'il y a un certain nombre de différences claires dans les notes ou les mensurations, les variétés ne seront pas considérées comme distinctes de façon fiable et manifeste. Si l'écart est supérieur au seuil de distinction plus fixé par le phytotechnicien, cela correspondra à un cas dans lequel une comparaison de paires au titre d'un essai en culture additionnel est inutile.

1.3.4.5 Le logiciel GAIA permet au phytotechnicien d'utiliser le paramètre seuil de deux autres façons pour d'autres moyens pratiques que la distinction plus :

un seuil bas aide à trouver les cas les plus difficiles (recenser les variétés voisines ou proches) sur lesquels le phytotechnicien devra axer son attention lors du prochain cycle;

un seuil très élevé permet de voir sur les écrans et les imprimés toutes les données brutes disponibles et les pondérations de chaque caractère.

1.3.4.6 Dans la pratique, on peut utiliser différents seuils en fonction des différents besoins. Ils peuvent facilement être choisis avant de procéder à une comparaison. Différentes comparaisons peuvent être calculées, stockées et rappelées de la base de données avec leur seuil approprié, série de caractères, série de variétés, etc.

1.3.4.7 Le logiciel fournit un rapport complet pour chaque comparaison de paires ainsi qu'une classification de toutes les comparaisons de paires, de la plus distincte à la plus voisine. Le logiciel calcule un écart global mais il fournit également toutes les valeurs absolues isolées et la contribution en matière d'écart de chaque caractère.

1.3.4.8 Pour réduire au minimum la durée du calcul, aussi tôt que le seuil est atteint pour une comparaison entre deux variétés données, le logiciel passe à la paire suivante de variétés. Les caractères restants et leurs valeurs brutes ne figureront pas dans le récapitulatif et ils ne contribueront pas à l'écart.

1.3.4.9 La section 1.3.5 fournit une copie d'écran d'un arbre vitrine qui montre comment le phytotechnicien peut naviguer et visualiser les résultats des calculs.

1.3.4.10 Le logiciel GAIA a été mis au point avec WINDEV. Les informations de caractère général (espèces, caractères, pondération, etc.), les données collectées sur les variétés et les résultats des calculs sont stockés dans une base de données intégrée. Des outils d'import et d'export permettent l'utilisation d'autres systèmes d'information en rapport avec le logiciel GAIA. L'ODBC permet d'accéder simultanément à la base de données GAIA et à d'autres bases de données.

1.3.4.11 On peut utiliser 1 ou 2 notes par variété. Une note est présente lorsqu'un cycle est disponible. Deux notes sont présentes par exemple lorsque deux essais sont effectués en différents endroits une année donnée ou si 2 cycles sont obtenus au même endroit. S'agissant des données d'électrophorèse, une description seulement peut être entrée par variété. En ce qui concerne les mensurations, deux valeurs au moins (différents essais, répétitions, etc.) sont nécessaires et l'utilisateur peut choisir celle à utiliser dans le calcul.

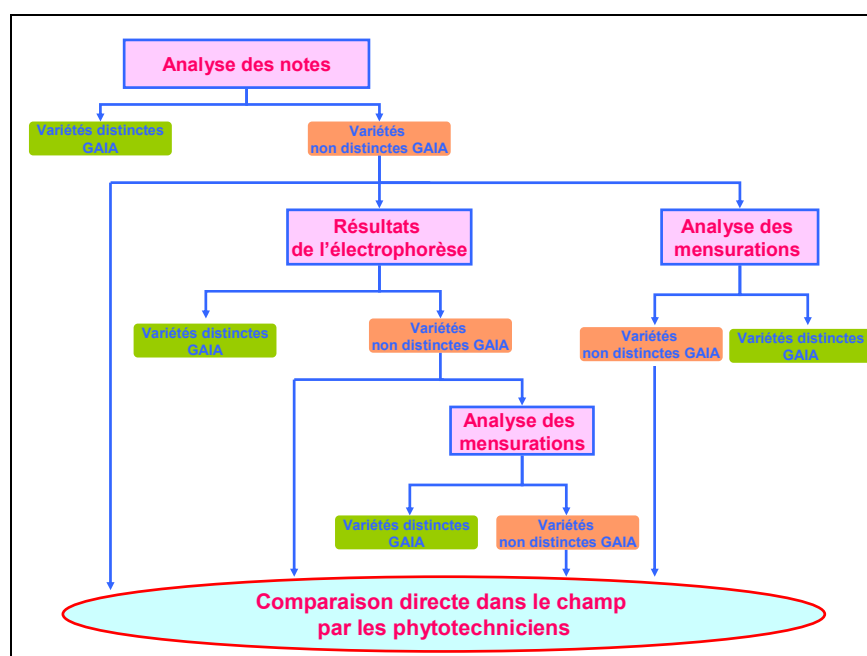
1.3.4.12 Le logiciel GAIA convient très bien aux variétés autogames et variétés à multiplication végétative mais il peut aussi être utilisé pour d'autres types de variétés.

1.3.5 Exemple : les données se rapportant à l'espèce *Zea mays*

1.3.5.1 Introduction

Le logiciel peut utiliser des notes, des mensurations et/ou des résultats d'électrophorèse. Ces types de données peuvent être utilisés seuls ou ensemble comme le montre le diagramme 1.

Diagramme 1. Schéma d'analyse des données



Dans cet exemple, on suppose que le phytotechnicien a décidé d'utiliser un seuil de distinction plus S_{dist} de 10.

1.3.5.2 Analyse des notes

1.3.5.2.1 Dans l'analyse qualitative, on utilise des notes (1 à 9). Les notes peuvent venir de caractères qualitatifs, quantitatifs et pseudo-quantitatifs.

1.3.5.2.2 Pour chaque caractère, les pondérations en fonction des différences entre les niveaux d'expression sont définies à l'avance dans un tableau des écarts.

1.3.5.2.3 "Forme de l'épi" : observée sur une échelle de 1 à 3, le phytotechnicien a attribué aux différences qu'il estime comme significatives des pondérations supérieures à zéro :

1 = conique
2 = cylindroconique
3 = cylindrique

Variété 'j'	Variété 'i'			
		1	2	3
	1	0	2	6
	2		0	2
	3			0

1.3.5.2.4 Lorsque le phytotechnicien compare une variété “i” qui a un épi conique (note 1) à une variété “j” qui a un épi cylindrique (note 3), il attribue une pondération de 6.

1.3.5.2.5 Sur la base de la “longueur des spathes”, observée sur une échelle de 1 à 9, le phytotechnicien a établi le tableau des pondérations suivant :

1 = très courte
2 = très courte à courte
3 = courte
4 = courte à moyenne
5 = moyenne
6 = moyenne à long
7 = longue
8 = longue à très longue
9 = très longue

		Variété ‘i’								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Variété ‘j’	1	0	0	0	2	2	2	2	2	2
	2		0	0	0	2	2	2	2	2
	3			0	0	0	2	2	2	2
	4				0	0	0	2	2	2
	5					0	0	0	2	2
	6						0	0	0	2
	7							0	0	0
	8								0	0
	9									0

1.3.5.2.6 La pondération entre une variété “i” avec des spathes très courtes (note 1) et une variété “j” avec des spathes courtes (note 3) est 0. Le phytotechnicien est d’avis qu’une différence de 3 notes est la différence minimum pour reconnaître un écart non-zéro entre deux variétés. Même si la différence des notes est supérieure à 3, il maintient la pondération de l’écart à 2 tandis que, dans les caractères très fiables, une différence de 1 reçoit une pondération de 6.

1.3.5.2.7 Il se peut que la raison pour laquelle on attribue une pondération plus basse à certains caractères par rapport à d’autres est qu’ils sont moins “fiables” ou “reproductibles” (p. ex. plus sensibles à l’effet de l’environnement) et/ou qu’ils sont considérés comme indiquant un écart plus faible entre des variétés.

1.3.5.2.8 Tableau à utiliser pour faire une analyse quantitative de 5 caractères relatifs aux variétés A et B :

	Forme de l’épi	Longueur de la spathe	Type de semence	Nombre de lignes de semences	Diamètre de l’épi	
Notes pour la variété A (échelle 1 à 9)	1	1	4	6	5	
Notes pour la variété B (échelle 1 à 9)	3	3	4	4	6	
Différence observée	2	2	0	2	1	
Pondération selon le phytotechnicien	6	0	0	2	0	$D_{qual} = 8$

Dans cet exemple $D_{qual} = 8 < 10$ ($S_{dist} = 10$), les variétés A et B sont déclarées “GAIA NON distinctes” sur la base de ces 5 caractères.

1.3.5.3 Électrophorèse

1.3.5.3.1 Selon quelques principes directeurs d’examen de l’UPOV, on peut utiliser les résultats de l’électrophorèse comme dans le cas de Zea mays. Le logiciel ne permet pas l’utilisation de locus hétérozygotes mais uniquement celle de locus homozygotes et ce, conformément aux principes directeurs d’examen. Les résultats utilisés sont 0 (absent) et 1 (présent), ainsi que la connaissance du nombre de chromosomes.

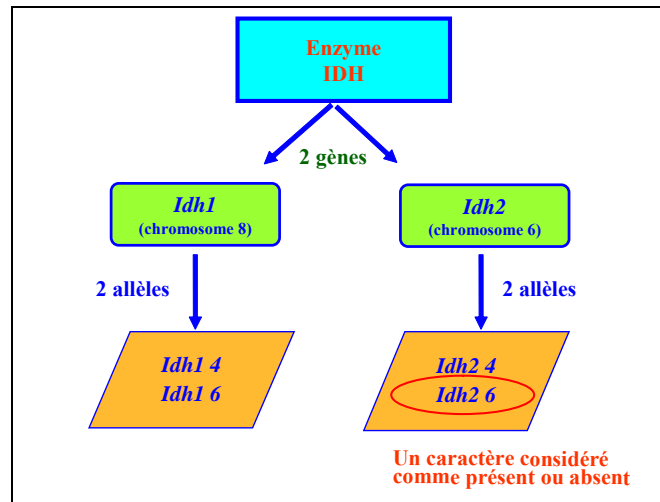


Diagramme 2 : L'enzyme isocitrate déhydrogénase (IDH) a deux gènes (Idh1 et Idh2) situés sur deux chromosomes différents. Chacun d'eux a deux allèles qui sont observés comme 1 (présence) ou 0 (absence).

1.3.5.3.2 Les résultats de l'électrophorèse sont notés 0 ou 1 (absence ou présence). Utilisée pour la pondération de deux variétés, la règle concernant les décisions est celle qui consiste à faire la pondération du nombre des différences observées et celle du nombre de chromosomes y relatifs (voir l'exemple ci-dessous) :

	Chromosome 8		Chromosome 6	
	<i>Idh1 4</i>	<i>Idh1 6</i>	<i>Idh2 4</i>	<i>Idh2 6</i>
Variété A	0	1	1	0
Variété B	0	1	0	1
Différence	0	0	1	1

1.3.5.3.3 Dans cet exemple, les variétés A et B sont décrites pour quatre résultats :

Idh1 4, *Idh1 6*, *Idh2 4* et *Idh2 6*. Le logiciel examine les différences et donne l'écart phénotypique au moyen du calcul suivant :

$$D_{elec} = 2 \times 0,25 + 1 \times 1 = 1,5$$

2 est le nombre de différences observées

0,25 est la pondération associée par les experts au nombre de différences

1 est le nombre de chromosomes sur lesquels des différences sont observées

1 est la pondération associée par les experts au chromosome

1.3.5.3.4 Cette formule, qu'il pourrait être difficile de comprendre, a été établie par le phytotechnicien en collaboration avec des experts biochimiques. On utilise aussi bien le *nombre de différences* que le *nombre de chromosomes sur lesquels ces différences sont observées*. Par conséquent, on accorde moins d'importance aux différences lorsqu'elles se présentent sur le même chromosome que lorsqu'elles se présentent sur différents chromosomes.

1.3.5.3.5 Après une analyse qualitative et électrophorétique, l'écart phénotypique entre les variétés A et B est égal à :

$$D = D_{qual} + D_{elec} = 8 + 1,5 = 9,5$$

1.3.5.3.6 L'écart phénotypique étant *inférieur* à S_{dist} ($S_{\text{dist}}=10$ dans cet exemple), les variétés *A* et *B* sont considérées "GAIA NON distinctes".

1.3.5.3.7 Le phytotechnicien peut décider s'il ne veut pas établir de distinction uniquement sur la base de l'électrophorèse. Il est nécessaire d'avoir dans l'analyse quantitative un écart phénotypique minimal afin de prendre en compte les résultats de l'électrophorèse. Cet écart phénotypique minimal doit également être défini par le phytotechnicien.

1.3.5.4 Analyse des mensurations

1.3.5.4.1 L'analyse des mensurations calcule les différences sur les mensurations observées ou calculées, les dénombrements étant traités comme des mensurations.

1.3.5.4.2 Pour chaque caractère mesuré, on compare deux variétés en cherchant des différences reproductibles dans au moins deux unités expérimentales qui sont définies par l'utilisateur en fonction des données présentes dans la base de données. Cela peut être par exemple les données issues de deux sites géographiques du premier cycle de végétation, de 2 ou 3 répétitions du même essai dans le cas d'un seul site géographique ou de 2 cycles au même site.

1.3.5.4.3 Pour que l'on puisse établir une comparaison, les deux variétés doivent être présentes dans les mêmes unités expérimentales. Les différences observées doivent être plus grandes que l'une des deux valeurs limites (ou écarts minimum) fixées par le phytotechnicien.

- $D_{\text{min-inf}}$ est la valeur inférieure à partir de laquelle une pondération est attribuée,
- $D_{\text{min-sup}}$ est l'écart minimal supérieur. Ces valeurs pourraient être choisies de manière arbitraire ou calculées (15% et 20% de la moyenne de l'essai, ou PPDS à 1% et 5%, etc.)

Pour chaque écart minimal, une pondération est attribuée :

- $D_{\text{min-inf}}$, une pondération P_{min} est attribuée;
- $D_{\text{min-sup}}$, une pondération P_{max} est attribuée;
- la différence observée est inférieure à $D_{\text{min-inf}}$ à laquelle une pondération zéro est associée.

1.3.5.4.4 Les variétés A et B ont été mesurées dans le cadre de deux essais pour les caractères "Largeur du limbe" et longueur de la plante".

Pour chaque essai et chaque caractère, le phytotechnicien a décidé de définir $D_{\text{min-inf}}$ et $D_{\text{min-sup}}$ en calculant respectivement les 15% et 20% de la moyenne de l'essai :

	Largeur du limbe		Longueur de la plante	
	Essai 1	Essai 2	Essai 1	Essai 2
$D_{\text{min-inf}} = 15\%$ de la moyenne de l'essai	1,2 cm	1,4 cm	28 cm	24 cm
$D_{\text{min-sup}} = 20\%$ de la moyenne de l'essai	1,6 cm	1,9 cm	37 cm	32 cm

Pour chaque caractère, le phytotechnicien a attribué la pondération suivante :

Une pondération $P_{\text{min}} = 3$ est attribuée lorsque la différence est plus grande que $D_{\text{min-inf}}$.

Une pondération $P_{\text{max}} = 6$ est attribuée lorsque la différence est plus grande que $D_{\text{min-sup}}$.

	Largeur du limbe		Longueur de la plante		
	Essai 1	Essai 2	Essai 1	Essai 2	
Variété A	9,9 cm	9,8 cm	176 cm	190 cm	
Variété B	9,6 cm	8,7 cm	140 cm	152 cm	
Différence	0,3 cm	1,1 cm	36 cm	38 cm	
Pondération selon le phytotechnicien	0	0	3	6	$D_{\text{quan}} = ?$

1.3.5.4.5 Dans cet exemple, pour le caractère “Largeur du limbe”, les différences observées sont inférieures à la valeur $D_{\text{min-inf}}$, de telle sorte qu’aucune pondération n’y est associée. Par contre, pour le caractère “Longueur de la plante”, une différence est supérieure à la valeur $D_{\text{min-inf}}$ et l’autre supérieure à la valeur $D_{\text{min-sup}}$. Des pondérations différentes sont attribuées à ces deux différences.

1.3.5.4.6 L’utilisateur doit décider de la pondération qui sera utilisée pour l’analyse :

- la pondération choisie est celle qui est attribuée à la différence la plus faible (option minimaliste);
- la pondération choisie est celle qui est attribuée à la différence la plus grande (option maximaliste);
- option intermédiaire : la pondération choisie est la moyenne des autres (option intermédiaire).

1.3.5.4.7 Dans cet exemple, le phytotechnicien a décidé de retenir des deux pondérations la plus faible de sorte que l’écart phénotypique fondé sur des mensurations est $D_{\text{quan}} = 3$.

1.3.5.4.8 En résumé, à la fin de l’analyse, l’écart phénotypique entre les variétés A et B est le suivant :

$$D = D_{\text{qual}} + D_{\text{elec}} + D_{\text{quan}} = 8 + 1,5 + 3 = 12,5 > S_{\text{dist}}$$

1.3.5.4.9 L’écart phénotypique est supérieur au seuil de distinction S_{dist} , fixé par le phytotechnicien à 10 de telle sorte que les variétés A et B sont déclarées “GAIA distinctes”.

1.3.5.4.10 Dans cet exemple, le recours aux données d’électrophorèse “confirme” un écart entre les deux variétés mais, sur la base des données qualitatives et quantitatives à elles seules, le seuil est dépassé ($8 + 3 = 11$ est plus élevé que 10).

1.3.5.4.11 Si le seuil avait été fixé à 6, la différence concernant le caractère “forme de l’épi” aurait été suffisante car la variété A est conique et la variété B cylindrique, ce qui est déjà une différence très nette.

1 = conique
2 = cylindroconique
3 = cylindrique

Variété i			
	1	2	3
1	0	2	6
2		0	2
3			0

1.3.5.5 Mensurations et échelle de 1 à 9 pour le même caractère

1.3.5.5.1 Pour quelques plantes agricoles, l’usage veut que soient produites, à partir de mensurations, des valeurs sur une échelle de 1 à 9. Il arrive que la méthode de transformation soit très simple ou qu’elle soit complexe.

1.3.5.5.2 GAIA peut inclure les deux sous la forme de deux caractères isolés : les mensurations originales et l’échelle de 1 à 9. Ils sont associés dans la description des caractères. Se servant de la connaissance de cette association, lorsqu’ils sont tous les deux présents, un seul est conservé pour éviter que l’information soit utilisée deux fois à des fins de pondération.

1.3.6 Exemple de copie d'écran GAIA

The screenshot displays the GAIA software interface. At the top, there's a menu bar with 'File', 'Database', 'Reference', 'Comparison', 'Window', and 'Help'. Below it, a toolbar contains various icons. The main window is divided into several sections:

- List of comparisons:** A table with columns: Comparison, Type of comparison, Name of the comparison, Species, and Session. It lists three comparisons: 'Qualit. + Electr.', 'Qualitative', and 'Qualit. + Electr. + Quantit.'.
- Display tree:** A tree view on the left showing a hierarchy of varieties. It includes 'Distinct varieties [3]' and 'NON-distinct varieties [49]'. The tree is expanded to show 'Variety 107 [1][3]' and 'Variety 112 [1][9]'. Below these, there are many other varieties listed with their respective thresholds and years.
- Results of qualitative comparison:** A table on the right showing the results for the current two varieties (107 and 112). The table has columns: Chara, Long name, Weighting, Note Std/Cycle 1, Note Ref/Cycle 1, Note Std/Cycle 2, and Note Ref/Cycle 2. The data shows scores for various characteristics like 'Green color of leaf', 'Number of lobes', 'Time of flowering', 'Length of petals', 'Height', and 'Intensity of yellow color'.

At the bottom, there's a status bar indicating the current database is 'C:\ORATMP\English'.

1.3.6.1 La partie supérieure “Liste de comparaisons” montre trois calculs différents qui ont été conservés dans la base de données. La comparaison 1 est en surbrillance (retenue) et montrée sur l’arbre vitrine.

1.3.6.2 L’“arbre vitrine” à gauche donne les résultats d’un calcul [qualitatif + électrophorèse au seuil de 6].

1.3.6.3 *Variétés distinctes [3]* montre que 3 variétés ont été jugées distinctes de toutes les autres. Il y avait dans le calcul un total de 52 variétés (49 + 3).

1.3.6.4 L’arbre vitrine sert à naviguer sur toutes les paires possibles.

1.3.6.5 L’utilisateur peut agrandir ou réduire les branches de l’arbre en fonction de ses besoins.

1.3.6.6 *Variétés NON distinctes [49]*. Quarante neuf variétés ont été jugées “non distinctes de toutes les autres” avec un seuil de 6.

1.3.6.7 La première variété, la *variété 107*, n’a que trois variétés proches alors que la seconde, la *variété 112*, en a 9, la troisième, la *variété 113*, en a quatre, etc.

1.3.6.8 La *variété 112 [1][9]* montre que la variété 112 figure dans la première année d’examen [1] et elle a 9 variétés proches d’après le seuil de 6 [9].

1.3.6.9 *[écart =3,5]* La *variété 26 [2]* montre que la variété 26 (comparaison en surbrillance=retenue) a un écart GAIA de 3,5 avec la variété 112, qui est dans la deuxième année d’examen.

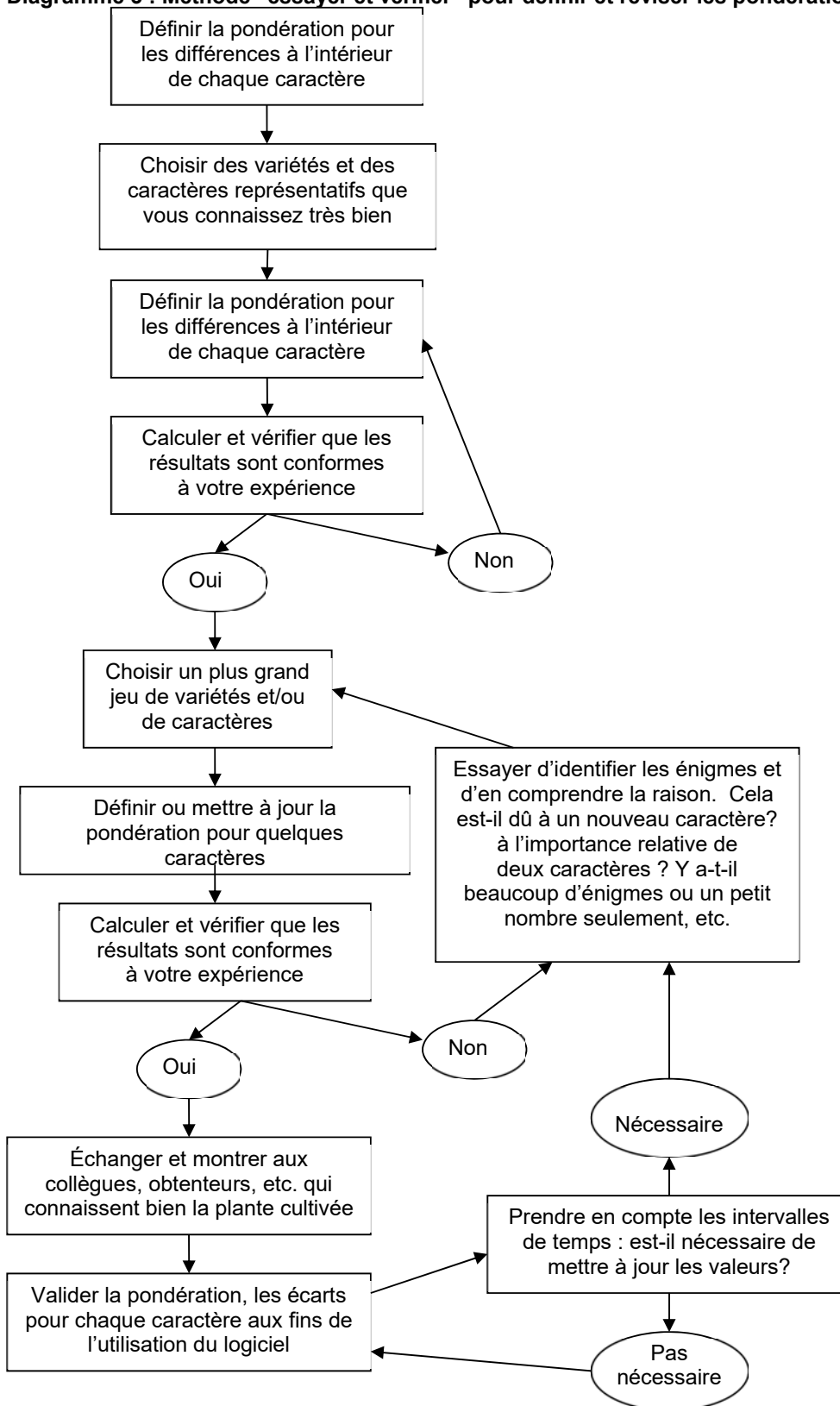
1.3.6.10 Du côté droit de l’arbre vitrine, les données brutes relatives à la *variété 112* et à la *variété 26* sont visibles pour 6 caractères qualitatifs observés sur les deux variétés (deux cycles).

1.3.6.11 La troisième colonne "pondération" est la pondération selon les matrices prédéfinies. Les notes relatives aux deux variétés sont affichées pour les deux cycles disponibles (Std désigne "étudiées" qui sont les variétés candidates).

1.3.6.12 Comme indiqué en rouge, si la même description est donnée d'un caractère de deux variétés, ce caractère n'est pas affiché.

1.3.6.13 Dans cette copie d'écran, les variétés ont été numérotées dans un souci de confidentialité et le phytotechnicien peut nommer les variétés en fonction des besoins (numéro de la parcelle ou de la demande, nom, etc.).

Diagramme 3 : Méthode “essayer et vérifier” pour définir et réviser les pondérations d’une culture



2. FORMULE PARENTALE DES VARIÉTÉS HYBRIDES

2.1 Introduction

2.1.1 Lorsqu'elles examinent la distinction de variétés hybrides, les autorités peuvent envisager la possibilité d'utiliser la méthode de la formule parentale décrite dans la présente section. Si elles estiment que l'utilisation de cette formule est appropriée, il est fait mention de cette possibilité dans les principes directeurs d'examen.

2.1.2 Afin de pouvoir utiliser cette formule, la différence entre les lignées parentales doit être suffisante pour que l'on ait la certitude que l'hybride qui en résultera sera distinct. La méthode est fondée sur les étapes suivantes :

- i) description des lignées parentales conformément aux principes directeurs d'examen;
- ii) vérification de l'originalité de ces lignées parentales par rapport avec la collection de variétés, sur la base du tableau des caractères que contiennent les principes directeurs d'examen, afin d'identifier des lignées parentales similaires;
- iii) vérification de l'originalité de la formule des hybrides par rapport à celle des hybrides se trouvant dans la collection des variétés, compte tenu des lignées parentales les plus similaires;
- iv) établissement de la distinction au niveau des hybrides pour les variétés à formule semblable.

2.2 Critères méthodologiques

Pour appliquer la méthode, il faut répondre aux conditions suivantes :

- i) une déclaration de la formule et la soumission de matériel végétal des lignées parentales de variétés hybrides;
- ii) l'inclusion dans la collection de variétés des lignées parentales utilisées comme parents dans les variétés hybrides de la collection de variétés (pour se procurer des conseils sur l'établissement d'une collection de variétés, voir la section 1 du document TGP/4) et d'une liste des formules des variétés hybrides;
- iii) l'application de la méthode à toutes les variétés se trouvant dans la collection. Il est important de remplir cette condition pour en tirer l'avantage maximum; et
- iv) une approche rigoureuse pour évaluer l'originalité des nouvelles lignées parentales afin d'avoir la certitude que l'hybride qui en résultera sera distinct.

2.3 Évaluation de l'originalité d'une nouvelle lignée parentale

2.3.1 L'originalité d'une ligne parentale est évaluée au moyen des caractères que contiennent les principes directeurs d'examen pertinents.

La différence entre les lignées parentales doit être suffisante pour s'assurer que les hybrides produits au moyen de lignées parentales différentes seront distincts. Par exemple :

Caractère 1 : un caractère ayant deux niveaux d'expression (absent/présent), qui sont déterminés par deux allèles d'un gène unique, un allèle dominant (+) pour l'expression "présent" et un allèle récessif (-) pour l'expression "absent".

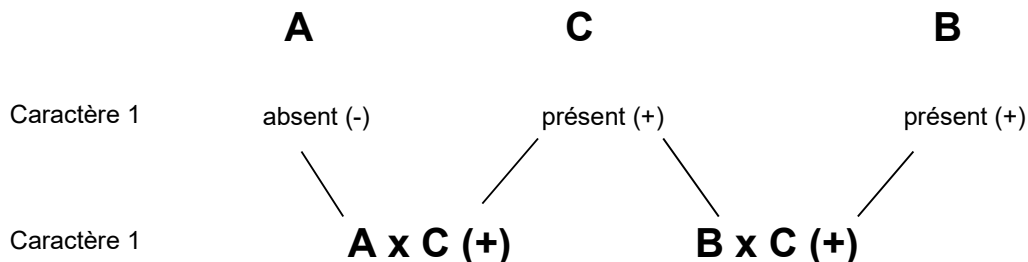
Trois lignées parentales :

- A : avec l'allèle récessif (-) avec l'expression "absent"
- B : avec l'allèle dominant (+) avec l'expression "présent"
- C : avec l'allèle dominant (+) avec l'expression "présent"

Croisant les lignes parentales susmentionnées pour obtenir les hybrides F1 suivants :

(A x C) : ayant l'expression "présent" pour le caractère 1
(B x C) : ayant l'expression "présent" pour le caractère 1

Le diagramme ci-après montre comment les deux croisements différents ont pour résultat la même expression du caractère 1 (c'est-à-dire "présent" dans les deux hybrides), bien que la lignée parentale A(-) et la lignée parentale B(+) aient des expressions différentes.



2.3.3 Bien que les lignées parentales A et B soient clairement différentes pour le caractère 1, les deux variétés hybrides A x C et B x C ont la même expression. Par conséquent, il ne suffit pas d'avoir une différence entre A et B pour le caractère 1.

2.3.4 Avec un contrôle génétique plus complexe qui comporte plusieurs gènes, lesquels ne sont pas décrits avec précision, l'interaction entre les différents allèles de chaque gène et entre les gènes pourrait également aboutir à une expression similaire au niveau des variétés hybrides. Dans ce cas-là, il est approprié d'avoir une plus grande différence pour établir la distinction entre deux lignées parentales.

2.3.5 La détermination de la différence nécessaire repose principalement sur une bonne connaissance de l'espèce, sur les caractères et, lorsqu'il est disponible, sur leur contrôle génétique.

2.4 Vérification de la formule

2.4.1 La vérification de la formule a pour objet de déterminer si la variété hybride proposée a été produite en croisant les lignées parentales déclarées et soumises par le demandeur.

2.4.2 Différents caractères peuvent servir à faire cette vérification lorsqu'il est possible d'identifier dans l'hybride le schéma génétique de chaque parent. En règle générale, on peut utiliser les caractères fondés sur le polymorphisme des enzymes ou de quelques protéines de réserve.

2.4.3 Si aucun caractère approprié n'est disponible, la seule possibilité est de croiser les lignées parentales au moyen du matériel soumis par le demandeur et de comparer les semences de la variété hybride (l'échantillon soumis par le demandeur et celui récolté après le croisement).

2.5 Homogénéité et stabilité des lignes parentales

2.5.1 L'homogénéité et la stabilité des lignées parentales doivent être évaluées conformément aux recommandations appropriées pour la variété concernée. L'homogénéité et la stabilité des lignées parentales sont importantes pour la stabilité de l'hybride. Une autre condition à remplir pour assurer la stabilité de l'hybride est l'utilisation de la même formule pour chaque cycle de la production de semences hybrides.

2.5.2 Il faut également procéder à une vérification de l'homogénéité de l'hybride même si la distinction de l'hybride a été établie sur la base des lignées parentales.

2.6 Description de l'hybride

Une description de la variété hybride doit être faite même lorsque la distinction de l'hybride a été établie sur la base de la formule parentale.

3. LE CRITÈRE GLOBAL DE LA DISTINCTION SUR PLUSIEURS ANNÉES (COYD)

3.1 Résumé des modalités d'application de la méthode

La méthode COYD convient à l'évaluation de la distinction des variétés lorsque :

- le caractère est quantitatif;
- il existe des différences entre les plantes (ou parcelles) d'une variété;
- les observations sont effectuées plante par plante (ou parcelle par parcelle) sur deux années ou cycles de végétation au moins et en un lieu unique.
- il devrait y avoir au moins 10 degrés de liberté, de préférence 20, pour le carré moyen des variétés/année dans l'analyse de variance COYD. Si tel n'est pas le cas, dans certaines circonstances on peut utiliser l'analyse COYD sur le long terme, étant entendu que des données additionnelles concernant d'autres variétés et des années précédentes sont utilisées et que les degrés de liberté pour le carré moyen des variétés/année augmentent en conséquence (voir la section 3.6.2).

3.2 Résumé

3.2.1 Le document TGP/9/1, section 5.2.4.5.1.1 explique qu'"il est possible de fixer un écart minimal aux fins d'évaluation de la distinction entre deux variétés sur la base d'un caractère quantitatif, de sorte que lorsque l'écart calculé entre deux variétés est supérieur à cette valeur minimale, les deux variétés peuvent être considérées comme 'distinctes' en ce qui concerne le caractère en question. L'une des méthodes qui permettent d'établir cet écart minimal est celle dite de l'analyse globale de la distinction sur plusieurs années (COYD)". L'analyse COYD fait entrer en ligne de compte les variations d'une année à l'autre. Elle est principalement utile pour les variétés allogames, y compris les variétés synthétiques, mais elle peut, le cas échéant, être également utilisée, dans certaines conditions, pour les variétés autogames et les variétés multipliées par voie végétative. Cette méthode exige une cohérence suffisante dans l'amplitude des différences sur plusieurs années et tient compte de la variation d'une année à l'autre.

3.2.2 L'analyse COYD peut être décrite comme suit :

- pour chaque caractère, on prend les moyennes variétales des deux ou trois années d'essais réalisés sur les variétés candidates et les variétés reconnues et on en déduit les moyennes sur plusieurs années;
- on calcule une plus petite différence significative (PPDS), sur la base des variations de variétés/année, qui servira à comparer les moyennes variétales;
- si l'écart moyen sur plusieurs années entre deux variétés est supérieur à la PPDS, on dit que ces variétés sont distinctes à l'égard de ce caractère.

3.2.3 Les principaux avantages de l'analyse COYD sont les suivants :

- elle permet de combiner simplement les informations sur plusieurs années d'examen en un seul et unique critère (le critère "COYD");
- elle garantit la reproductibilité des évaluations de la distinction au fil des saisons; en d'autres termes, le même matériel génétique est censé, dans des limites raisonnables, donner des résultats semblables d'une année à l'autre;
- les risques d'erreur de détermination de la distinction sont constants pour tous les caractères.

3.3 Introduction

Les sections ci-après décrivent :

- les principes sur lesquels repose l'analyse COYD;
- les recommandations de l'UPOV sur l'application de l'analyse COYD à certaines espèces;
- les moyens d'adapter cette analyse aux circonstances particulières, y compris lorsqu'il y a de petits nombres de variétés au banc d'essai;
- le logiciel d'ordinateur qui permet de mettre en œuvre l'analyse COYD.

3.4 La méthode COYD

3.4.1 L'analyse COYD vise à établir pour chaque caractère un écart minimal; si deux variétés à l'examen présentent cet écart pour une période de deux ou trois années, on peut dire avec un certain degré de confiance qu'elles sont nettement distinctes.

3.4.2 Cette méthode permet d'établir l'écart minimal sur la base de la variation de l'expression variétale d'un caractère d'une année sur l'autre. Ainsi, les caractères dont le classement reste constant d'une année à l'autre ont un écart minimal inférieur à ceux dont le classement varie de façon marquée.

3.4.3 La méthode COYD repose sur une analyse de variance d'une table variété/année des moyennes de chaque caractère afin d'obtenir une estimation de la variation variétés/année, qui est utilisée dans l'étape suivante, à savoir calculer une PPDS. En général, cette table contient les données relatives à l'ensemble des variétés candidates et des variétés reconnues qui ont fait l'objet d'essais sur les deux ou trois années, l'analyse est une analyse de variance, la carré moyen des variétés/années est utilisé comme l'estimation de la variation de ces variétés et la PPDS en résultant est connu comme la PPDS de l'analyse COYD. Toutefois, lorsqu'il y a de petits nombres de variétés au banc d'essai, l'approche est différente.

3.4.4 Lorsqu'il y a de petits nombres de variétés à l'essai, la table servant à calculer le critère COYD est élargie avec des moyennes d'autres variétés et années précédentes, une méthode d'analyse différente est utilisée pour obtenir un carré moyen de variétés/années pour estimer la variation des variétés/années et la PPDS en résultant est appelée la PPDS sur le long terme. On en débattrait plus tard.

3.4.5 Équation [1]

$$LSD_p = t_p \times \sqrt{2 \times SE(\bar{x})}$$

dans laquelle $SE(\bar{x})$ est l'erreur type d'une moyenne des variétés sur plusieurs années calculée comme suit :

$$\sqrt{\frac{\text{carré moyen variétés/années}}{\text{nombre d'années d'examen}}}$$

et t_p est la valeur lue dans la table t de Student convenant pour un test bilatéral avec une probabilité p et le nombre de degrés de liberté correspondant au carré moyen variétés/années. La question du seuil de probabilité p qui convient à certaines espèces sera examinée ci-dessous, dans la partie intitulée "RECOMMANDATIONS DE L'UPOV SUR L'ANALYSE COYD".

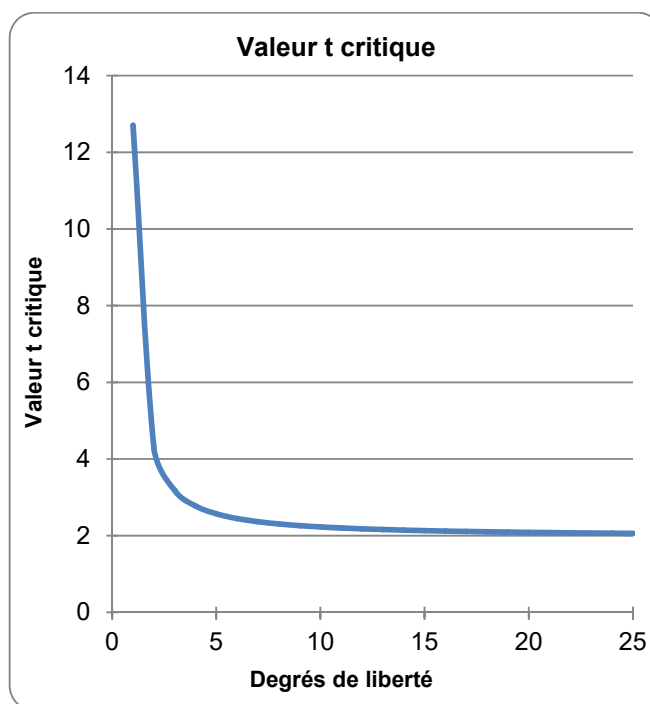
3.4.6 La figure 1 donne un exemple de l'application de l'analyse COYD à une petite série de données, et la section 3.9 de la deuxième partie des indications statistiques sur la méthode. On trouvera de plus amples détails sur l'analyse COYD dans l'article de Patterson et Weatherup (1984) cité en référence.

3.5 Utilisation de l'analyse COYD

3.5.1 L'analyse COYD convient à la distinction des variétés lorsque

- le caractère est quantitatif;
- il existe des différences entre les plantes (ou parcelles) d'une variété;
- les observations sont réalisées plante par plante (ou parcelle par parcelle) sur deux années ou plus;
- il devrait y avoir au moins 10 degrés de liberté, de préférence 20, pour le carré moyen des variétés/année dans l'analyse de variance COYD. Si tel n'est pas le cas, dans certaines circonstances on peut utiliser l'analyse COYD sur le long terme, étant entendu que des données additionnelles concernant d'autres variétés et des années précédentes sont utilisées et que les degrés de liberté pour le carré moyen des variétés/année augmentent en conséquence (voir la section 3.6.2).

Cette recommandation s'explique par la nécessité de veiller à ce que le carré moyen des variétés/année repose sur des données suffisantes pour donner une estimation fiable des variations de la PPDS. Moins il y a de données, moins il y a de degrés de liberté pour le carré moyen des variétés/année, et moins l'estimation des variations variété/année de la PPDS est fiable. Cela est compensé par l'utilisation d'une valeur t critique t_p , plus élevée dans la PPDS. Il en résulte une diminution de l'efficacité de l'examen, ce qui signifie que les probabilités de considérer une variété comme distincte sont réduites. On peut observer dans le graphique ci-dessous que l'examen est efficace avec un nombre de degrés de liberté supérieur ou égal à 20 pour le carré moyen des variétés/année, et qu'il est encore assez efficace si le nombre de degrés de liberté recule jusqu'à 10, bien qu'un nombre supérieur de degrés de liberté soit préférable.



Vingt degrés de liberté correspondent à 11 variétés communes sur trois années ou à 21 variétés communes sur deux années alors que 10 degrés de liberté correspondent à 6 variétés communes sur trois années ou à 11 variétés communes sur deux années. On estime que les essais réalisés avec moins de variétés en commun sur plusieurs années ont de petits nombres de variétés à l'essai.

3.5.2 Deux variétés sont considérées comme distinctes si la différence entre leurs moyennes sur plusieurs années est au moins la PPDS de l'analyse COYD sur un ou plusieurs caractères.

3.5.3 Le niveau de probabilité p recommandé par l'UPOV pour la valeur tp qui sert à calculer la PPDS de l'analyse COYD varie en fonction de la culture et, dans le cas de certaines cultures, de la question de savoir si l'essai porte sur deux ou trois ans. Les programmes d'essai issus normalement des essais de distinction sont décrits dans la section 3.11 de la deuxième partie.

3.6 Adapter l'analyse COYD à des circonstances particulières

3.6.1 Différences dans la gamme d'expression d'un caractère (entre les années)

Il arrive que le niveau d'expression d'un caractère varie notablement d'une année à l'autre. Par exemple, lors d'un printemps tardif, les dates d'épiaison des graminées peuvent converger. Pour tenir compte de ce paramètre, il est possible d'ajouter des termes, à raison d'un pour chaque année, à l'analyse de variance. Chaque terme représente la régression linéaire des observations pour l'année par rapport aux moyennes variétales sur toutes les années. Cette technique est connue sous le nom de méthode de régression conjointe modifiée (ou analyse MJRA); elle est recommandée dans les cas où les termes de régression apportent une contribution statistiquement significative ($p \leq 1\%$) à l'analyse de variance. On trouvera dans les sections 3.9 et 3.10 de la deuxième partie du document en question des indications statistiques et une description du programme d'ordinateur destiné à la mise en œuvre de la procédure.

3.6.2 Petites quantités de variétés au banc d'essai : l'analyse COYD et le long terme

3.6.2.1 Il est recommandé d'avoir au moins 20 degrés de liberté pour le carré moyen des variétés/année dans l'analyse COYD de la variance afin de veiller à ce que ce carré moyen repose sur des données suffisantes pour donner une estimation fiable des variations de la PPDS. Vingt degrés de liberté correspondent à 11 variétés courantes sur trois années ou à 21 variétés courantes sur deux années. On estime que les essais réalisés avec moins de variétés en commun sur plusieurs années ont de petits nombres de variétés à l'essai.

3.6.2.2 Dans les essais avec un petit nombre de variétés, les tables des moyennes de variétés/année peuvent être élargies pour inclure des moyennes d'années antérieures et, si nécessaire, d'autres variétés reconnues. Étant donné que les variétés ne sont pas toutes présentes chaque année, les tables en résultant des moyennes de variétés/année ne sont pas en équilibre. Par conséquent, chaque table est analysée par la méthode des moindres carrés des constantes ajustées (FITCON) ou par la méthode REML, qui donne un autre carré moyen des variétés/années en tant qu'estimation à long terme des variétés/années. Cette estimation a plus de degrés de liberté car elle repose sur un plus grand nombre d'années et de variétés.

$$\text{degrés de liberté} = \left(\begin{array}{c} \text{Nombre de valeurs dans le tableau} \\ \text{élargi de variétés/année} \end{array} \right) - (\text{Nombre de variétés}) - (\text{Nombre d'années}) + 1$$

3.6.2.3 L'autre carré moyen des variétés/années est utilisé dans l'équation [1] ci-dessus pour calculer une PPDS. Cette PPDS est appelée une "PPDS à long terme" pour la distinguer de la PPDS COYD fondée sur uniquement les années et les variétés d'examen. La PPDS sur le long terme est utilisée de la même façon que la PPDS COYD pour évaluer la distinction des variétés en comparant leurs moyennes sur plusieurs années (les années d'examen). Le fait de comparer les moyennes de variétés au moyen d'une "PPDS à long terme" est appelé le "COYD à long terme".

3.6.2.4 L'analyse COYD à long terme ne doit être appliquée qu'aux caractères qui n'ont pas les degrés de liberté minimum recommandés. Toutefois, lorsqu'il est prouvé que la PPDS d'un caractère fluctue fortement au cours des ans, il peut s'avérer nécessaire de fonder la PPDS de ce caractère sur deux ou trois années de données même s'il n'a qu'un petit nombre de degrés de liberté.

3.6.2.5 L'analyse COYD à long terme ne doit être appliquée qu'aux caractères qui n'ont pas les degrés de liberté minimum recommandés. Toutefois, lorsqu'il est prouvé que la PPDS d'un caractère fluctue fortement au cours des ans, il peut s'avérer nécessaire de fonder la PPDS de ce caractère sur deux ou trois années de données même s'il n'a qu'un petit nombre de degrés de liberté.

3.6.2.6 Modifications prononcées du caractère d'une variété individuelle d'année en année

Il arrive que deux variétés soient déclarées distinctes sur la base d'un test t qui est significatif uniquement parce que, sur une seule année, l'écart entre elles est très important. Pour surveiller l'évolution de ce genre

de situation, on calcule une statistique de contrôle, F3, qui correspond au carré moyen variétés/années pour les deux variétés concernées rapporté au carré moyen global variétés/années. Cette statistique doit être comparée aux tables de distribution de F avec 1 et g, ou 2 et g degrés de liberté, pour des examens portant sur deux ou trois années de données respectivement, où g est le nombre de degrés de liberté pour le carré moyen variétés/années. Si la valeur F3 ainsi calculée est supérieure à la valeur de F lue dans le tableau au seuil de 1%, il faut alors essayer d'expliquer ce résultat inhabituel avant de prendre une décision relative à la distinction.

3.6.3 *Plantes présentant des caractères de groupement*

3.6.3.1 Pour certaines espèces, il est possible d'utiliser les caractères de groupement en vue de définir des groupes de variétés, de sorte que toutes les variétés au sein d'un groupe soient distinctes de toutes les variétés d'un autre groupe ("groupes distincts"). Ce groupement peut être conservé dans la configuration des essais de telle manière que, dans une répétition, les variétés du même groupe soient situées à proximité l'un de l'autre (voir la section 4.8 du document TG/1/3 "Catégories fonctionnelles de caractères").

3.6.3.2 Lorsque le groupement est possible, de sorte que toutes les variétés au sein d'un groupe soient distinctes de toutes les variétés d'un autre groupe, les comparaisons sont uniquement nécessaires entre variétés du même groupe. Étant donné que les variétés au sein des groupes tendent à être plus similaires, il est possible d'adapter la méthode d'analyse COYD en tenant compte des groupes. S'il existe un nombre suffisant de variétés dans chaque groupe, l'analyse COYD peut être effectuée séparément pour chaque groupe. Toutefois, dans la pratique, certains groupes contiennent généralement trop peu de variétés. Dans de tels cas, l'analyse de la variance sur plusieurs années (COYD) peut être ajustée de manière à tenir compte du groupement. Cette méthode est dénommée analyse COYD de groupe (COYDG).

3.6.3.3 Si l'analyse COYD standard de la variance définit des termes pour "année" et "variété", l'analyse COYDG définit des termes pour "année", "groupe", "variété au sein d'un groupe" et "groupe par année". La PPDS est dès lors calculée en ce qui concerne les comparaisons entre paires de variétés au sein du même groupe. Il est supposé que la même erreur type s'applique dans tous les groupes. Il convient de noter qu'une valeur plus importante concernant la PPDS s'applique pour les comparaisons entre paires de variétés de groupes différents.

3.6.3.4 Ainsi, la PPDS pour la COYDG est obtenue de la manière suivante : $LSD_p = t_p \times SED_G$

dans laquelle SED_G est l'erreur type pour la différence entre deux variétés au sein du même groupe calculée comme suit :

$$SED_G = \frac{\sqrt{2 \times \text{carré moyen variétés dans un groupe/années}}}{\text{nombre d'années d'essai}}$$

Il convient de noter que le carré moyen des variétés dans un groupe/années équivaut au carré moyen résiduel obtenu par l'analyse COYDG de la variance.

3.6.3.5 La PPDS de l'analyse COYDG est utilisée en lieu et place de la PPDS de l'analyse COYD comme critère pour la distinction. En règle générale, elle doit être moins élevée. Toutefois, il serait judicieux de vérifier si tel est le cas dans les séries de données enregistrées dans le passé.

3.6.3.6 L'analyse COYDG peut être réalisée en utilisant le module GTVRP du logiciel DUST pour l'analyse statistique des données DHS, que l'on peut se procurer en s'adressant à Mme Sally Watson (mél. : info@afbini.gov.uk) ou à l'adresse suivante : <http://www.afbini.gov.uk/dustnt.htm>.

3.7 Mise en œuvre de l'analyse COYD

L'analyse COYD convient à l'évaluation de la distinction des variétés lorsque

- le caractère est quantitatif;
- il existe des différences entre les plantes (ou parcelles) d'une variété;

- les observations sont réalisées plante par plante (ou parcelle par parcelle) sur deux années ou plus;
- il doit y avoir au moins 10, de préférence 20, degrés de liberté pour le carré moyen des variétés/année dans l'analyse COYD de la variance ou, si tel n'est pas le cas, on peut utiliser l'analyse COYD sur le long terme (voir la section 3.6.2 ci-dessus).

L'analyse COYD peut être réalisée en utilisant le module TVRP du logiciel DUST pour l'analyse statistique des données DHS que l'on peut se procurer en s'adressant à Mme Sally Watson (mél. : info@afbini.gov.uk) ou à l'adresse suivante : <http://www.afbini.gov.uk/dustnt.htm>. Des exemples de résultats sont donnés dans la section 3.10 de la deuxième partie.

3.8 Références

DIGBY, P. G. N. (1979). Modified joint regression analysis for incomplete variety x environment data. J. Agric. Sci. Camb. 93, 81-86.

PATTERSON, H. D. & WEATHERUP, S. T. C. (1984). Statistical criteria for distinctness between varieties of herbage crops. J. Agric. Sci. Camb. 102, 59-68.

TALBOT, M. (1990). Aspects statistiques des écarts minimaux entre variétés. UPOV TWC Paper TWC/VIII/9, UPOV, Genève.

Figure 1 : Exemple d'application de l'analyse COYD

Caractère : Nombre de jours jusqu'à l'épiaison (variétés de ray-grass pérenne)

Variétés de référence	Années			Moyennes sur plusieurs années	Écart (Variétés comparées à C2)	
	1	2	3			
	Moyennes					
R1	38	41	35	38	35	D
R2	63	68	61	64	9	D
R3	69	71	64	68	5	D
R4	71	75	67	71	2	
R5	69	78	69	72	1	
R6	74	77	71	74	-1	
R7	76	79	70	75	-2	
R8	75	80	73	76	-3	
R9	78	81	75	78	-5	D
R10	79	80	75	78	-5	D
R11	76	85	79	80	-7	D
<i>Variétés candidates</i>						
C1	52	56	48	52	21	D
C2	72	79	68	73	0	-
C3	85	88	85	86	-13	D

ANALYSE DE VARIANCE

Source	Degrés de liberté	Carré moyen
Années	2	174,93
Variété	13	452,59
Variétés/années	26	2,54

$$LSD_p = t_p * \sqrt{2} * SE(\bar{X})$$

$$LSD_{0,01} = 2,779 * 1,414 * \sqrt{(2,54/3)} = 3,6$$

où t_p est extrait de la table t de Student avec $P = 0,01$ (bilatérale) et 26 degrés de liberté.

Pour évaluer la distinction d'une variété candidate, on calcule l'écart entre cette variété et toutes les autres variétés. Dans la pratique, on calcule une colonne d'écarts pour chaque variété candidate. En l'espèce, les variétés présentant un écart moyen supérieur ou égal à 3,6 peuvent être considérées comme distinctes (signalées par un D dans le tableau ci-dessus).

Figure 2 : Exemple d'application de l'analyse COYD à long terme
Caractère : Port au printemps des variétés de ray-grass d'Italie

Variétés de référence	1	2	Années			Moyenne sur plusieurs années d'examen	Écart (Variétés comparées à C2)	
			3*	4*	5*			
	Moyennes							
R1	43	42	41	44				
R2		39	45					
R3	43	38	41	45	40	42	6	D
R4	44	40	42	48	44	44,7	3,3	D
R5	46	43	48	49	45	47,3	0,7	
R6	51	48	52	53	51	52	-4	D
<i>Variétés candidates</i>								
C1			43	45	44	44	4	D
C2			49	50	45	48	0	
C3			48	53	47	49,3	-1,3	

* indique une année d'examen

Le but est d'évaluer la distinction des variétés candidates C1, C2 et 3 cultivées durant les années d'examen 3, 4 et 5.

L'essai porte sur un petit nombre de variétés au banc d'essai car il n'y a que sept variétés en commun sur les années d'examen 3, 4 et 5 (données indiquées par un bord noir).

L'analyse FITCON de la table des moyennes des variétés/années élargie à neuf variétés sur cinq ans donne : carré moyen variétés/années = 1,924, sur 22 degrés de liberté.

$$PPDS \text{ à long terme}_p = t_p * \sqrt{2} * SE(\bar{X})$$

$$PPDS_{0,01} \text{ à long terme} = 2,819 * 1,414 * \sqrt{(1,924/3)} = 3,19$$

où t_p est extrait de la table t de Student avec $P = 0,01$ (bilatérale) et 22 degrés de liberté.

Pour évaluer la distinction d'une variété candidate, on calcule l'écart entre cette variété et toutes les autres variétés. Dans la pratique, on calcule une colonne d'écarts pour chaque variété candidate. S'agissant de la variété C2, les variétés présentant un écart moyen supérieur ou égal à 3,19 sont considérées comme distinctes (signalées par un *D* dans le tableau ci-dessus).

3.9 Méthodes statistiques COYD

3.9.1 Analyse de variance

Les erreurs types utilisées dans l'analyse COYD sont basées sur une analyse de variance de la table variété/année de la moyenne d'un caractère. Pour m années et n variétés, cette analyse de variance subdivise comme suit les degrés de liberté :

Source	Degrés de liberté
Années	$m-1$
Variétés	$n-1$
Variétés/années	$(m-1)(n-1)$

3.9.2 Méthode de régression conjointe modifiée (MJRA)

3.9.2.1 Comme indiqué ci-dessus, l'analyse COYD fait reposer l'erreur type d'une moyenne variétale sur les variations des variétés/années telle qu'elle a été estimée par le carré moyen de ces variétés. Les variations systématiques peuvent parfois être aussi identifiées comme étant variations non systématiques. Cet effet systématique donne lieu à des différences de pente dans les droites de régression traduisant le rapport entre les moyennes variétales par année et les moyennes variétales sur l'ensemble des années. Cet effet peut être observé pour le caractère d'épiaison. Lorsqu'une année donnée le printemps est tardif, la fourchette des dates d'épiaison peut être réduite par rapport à la normale, ce qui donne une moindre pente de la droite de régression pour les moyennes variétales de l'année en question, par rapport à la moyenne variétale générale. La variation non systématique correspond à la variation de part et d'autre de ces droites de régression proprement dites. Lorsque seule une variation non systématique variétés/années se produit, la pente des droites de régression a une valeur constante de 1,0 pour toutes les années. Toutefois, lorsque cette variation est systématique, elle diffère de 1,0, mais sa moyenne reste de 1,0. Si l'on utilise la MJRA, l'erreur type de la moyenne variétale se calcule à partir de l'élément non systématique de la variation variétés/années.

3.9.2.2 La différence entre la variation totale variétés/années et la variation variétés/années ajustée selon la MJRA est illustrée dans la figure B1, sur laquelle on a porté les moyennes variétales pour chacune des trois années et les moyennes variétales globales pour l'ensemble des années. La variation autour de trois droites parallèles ajustées aux données, une par année, donne la variation totale variétés/années telle qu'elle est utilisée dans la méthode COYD décrite ci-dessus. Ces droites de régression présentent une même pente de 1,0. La variation peut être réduite par ajustement des droites de régression individuelles aux données, une pour chaque année. La variation résiduelle résultante autour des différentes droites de régression donne le carré moyen variétés/années, ajusté selon la MJRA, sur lequel l'erreur type d'une moyenne variétale peut reposer. On constate que cet ajustement n'est efficace que si les pentes des droites de régression diffèrent d'une année à l'autre, comme ce peut être le cas pour les dates d'épiaison.

3.9.2.3 Le recours à cette méthode pour l'évaluation de la distinction figure à titre optionnel dans le programme d'ordinateur qui utilise l'analyse COYD dans le logiciel DUST. Il est recommandé de ne l'appliquer que lorsque les pentes des droites de régression sont sensiblement différentes d'une année sur l'autre au seuil de signification de 1%. Ce seuil peut être précisé dans le programme d'ordinateur.

3.9.2.4 Pour calculer les moyennes variétales et pentes de droites de régression ajustées, on prend pour hypothèse le modèle suivant :

$$y_{ij} = u_j + b_j v_i + e_{ij}$$

dans lequel y_{ij} est la valeur pour la i^{e} variété de la j^{e} année.

u_j = moyenne de l'année j ($j = 1, \dots, m$),

b_j = pente de régression pour l'année j ,

v_i = effet de la variété i ($i = 1, \dots, n$), et

e_{ij} = terme d'erreur.

3.9.2.5 À partir des équations 6) et 7) de Dibgy (1979), après inversion des termes années et variétés, on obtient les équations ci-dessous qui correspondent au cas où il n'y a pas de données manquantes :

$$\sum_{i=1}^n v_i y_{ij} = b_j \sum_{i=1}^n v_i^2$$

$$\sum_{j=1}^m b_j y_{ij} = v_i \sum_{j=1}^m b_j^2$$

3.9.2.6 Ces équations sont résolues de manière itérative en supposant que toutes les valeurs b_j soient, au départ, de 1,0 pour donner les valeurs des v_i . La somme résiduelle des carrés selon la MJRA se calcule alors comme suit :

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (y_{ij} - u_j - b_j v_i)^2$$

3.9.2.7 Cette somme des carrés sert à calculer le carré moyen variétés/années ajusté selon la MJRA, avec $(m-1)(n-1) - m + 1$ degrés de liberté.

3.9.3 L'analyse COYD par rapport à d'autres critères

On peut montrer que, pour un examen sur trois années, l'analyse COYD appliquée au seuil de probabilité de 1% est à peu près aussi rigoureuse que la méthode des 2 x 1% pour un caractère dont le rapport entre le carré moyen variétés/années et le carré moyen variétés/répétitions au sein des essais (λ) est de 1,7. L'analyse COYD appliquée au seuil de 1% est moins rigoureuse que la méthode des 2 x 1% si λ est inférieur à 1,7, et plus rigoureuse si λ lui est supérieur.

3.10 Logiciel COYD

3.10.1 On trouvera dans les tableaux B 1 à 3 un exemple des résultats du programme d'ordinateur du logiciel DUST qui utilise l'analyse COYD. Il est tiré d'un essai de ray-grass pérenne (diploïde) portant sur 40 variétés de référence (R1 à R40) et neuf variétés candidates (C1 à C9) dans six répétitions sur trois ans (1988, 1989 et 1990).

3.10.2 Chacun des 8 caractères est analysé au moyen de l'analyse de variance. Comme cette analyse porte sur les données variétales/année/répétition, les carrés moyens sont 6 (= nombre de répétitions) fois la taille des carrés moyens de l'analyse de variance des données variétales/année dont il est fait mention dans le corps du présent document. On trouvera les résultats dans le tableau B 1 qui, outre les moyennes variétales sur plusieurs années, fournit les données suivantes :

YEAR MS :	carré moyen des années
VARIETY MS :	carré moyen des variétés
VAR.YEAR MS :	carré moyen de l'interaction entre les variétés et les années
F1 RATIO :	rapport entre VARIETY MS et VAR.YEAR MS (une mesure du pouvoir discriminant du caractère – les grandes valeurs indiquent un pouvoir discriminant élevé)
VAR.REP MS :	moyenne des carrés moyens variétés/répliques de chaque année
LAMBDA VALUE (λ) :	racine carrée du rapport VAR.YEAR MS sur VAR.REP MS
BETWEEN SE :	erreur type des moyennes variétales sur l'ensemble des essais par parcelle, c'est-à-dire racine carrée de VAR.YEAR MS divisée par 18 (3 années x 6 répliques)
WITHIN SE :	erreur type des moyennes variétales d'un essai par parcelle, c'est-à-dire racine carrée de VAR.REP MS divisée par 18
DF :	degrés de liberté pour le terme variétés/années
MJRA SLOPE :	pente de régression d'une moyenne variétale sur une seule année par rapport à la moyenne sur les trois années

REGR F VALUE : carré moyen dû à la régression MJRA exprimée sous la forme du rapport carré
moyen/régression
REGR PROB : valeur statistique de REGR F VALUE
TEST : indique si l'ajustement MJRA a été utilisé (REG) ou non (COY)

3.10.3 Chaque variété candidate est comparée à chacune des autres variétés candidates et à chacune des autres variétés à l'essai tirée de la collection de variétés. Les écarts moyens entre les paires de variétés sont comparés à la PPDS relative au caractère. Les résultats concernant la paire de variétés R1 et C1 sont donnés dans le tableau B 2. Les valeurs t intra année permettent de donner des indications sur chacune des années. Les variétés R1 et C1 sont considérées comme distinctes parce que, pour au moins un caractère, un écart moyen est significatif dans l'analyse COYD au seuil de 1%. Si le rapport F_3 pour le caractère 8 avait été significatif au seuil de 1% plutôt qu'au seuil de 5%, les données pour ce caractère auraient été examinées et, vu que les écarts sur les trois années ne vont pas tous dans le même sens, l'importance COYD pour le caractère 8 n'aurait pas été pris en considération dans la détermination de la distinction.

3.10.4 Les résultats portant sur la distinction de chaque variété candidate par rapport à toutes les autres variétés sont exposés dans le tableau B 3, où D signifie "distincte" et ND "non distincte".

Table B 1 : Exemple de résultats issus du programme COYD – moyennes variétales et analyse de la variance des caractères

PRG (DIPLOID) EARLY N.I. UPOV 1988-90

	VARIETY MEANS OVER YEARS							
	5	60	8	10	11	14	15	24
	SP.HT	NSPHT	DEEE	H.EE	WEE	LFL	WFL	LEAR
1 R1	45.27	34.60	67.87	45.20	70.05	20.39	6.85	24.54
2 R2	42.63	31.84	73.85	41.96	74.98	19.68	6.67	24.44
3 R3	41.57	27.40	38.47	27.14	57.60	17.12	6.85	22.57
4 R4	33.35	21.80	77.78	30.77	78.04	18.25	6.40	21.09
5 R5	37.81	25.86	50.14	27.24	62.64	16.41	6.41	16.97
6 R6	33.90	21.07	78.73	32.84	79.15	19.44	6.46	21.79
7 R7	41.30	31.37	73.19	41.35	71.87	20.98	6.92	24.31
8 R8	24.48	19.94	74.83	32.10	62.38	15.22	6.36	19.46
9 R9	46.68	36.69	63.99	44.84	68.62	18.11	7.02	22.58
10 R10	25.60	20.96	75.64	32.31	57.20	14.68	5.51	20.13
11 R11	41.70	30.31	74.60	40.17	76.15	19.45	6.79	22.72
12 R12	28.95	21.56	66.12	27.96	59.56	14.83	5.53	20.55
13 R13	40.67	29.47	70.63	36.81	74.12	19.97	7.04	24.05
14 R14	26.68	20.53	75.84	34.14	63.29	15.21	6.37	20.37
15 R15	26.78	20.18	75.54	30.39	66.41	16.34	6.01	20.94
16 R16	42.44	27.01	59.03	30.39	72.71	17.29	6.47	22.48
17 R17	27.94	21.58	76.13	32.53	68.37	16.72	6.11	22.03
18 R18	41.34	30.85	69.80	37.28	69.52	20.68	7.09	25.40
19 R19	33.54	23.43	73.65	30.35	75.54	18.97	6.37	22.43
20 R20	44.14	34.48	68.74	42.60	64.17	18.63	6.56	22.02
21 R21	27.77	21.53	80.52	31.59	69.41	16.81	5.81	22.35
22 R22	38.90	27.83	75.68	43.25	75.08	19.63	7.46	23.99
23 R23	42.43	31.80	72.40	42.07	74.77	20.99	6.78	23.57
24 R24	38.50	27.73	73.19	37.12	75.76	19.28	6.91	22.77
25 R25	43.84	29.60	68.82	39.79	74.83	20.63	7.08	22.65
26 R26	49.48	36.53	63.45	42.01	70.46	22.14	7.84	25.91
27 R27	25.61	19.25	78.78	29.81	56.81	15.81	5.07	18.94
28 R28	26.70	20.31	79.41	32.75	66.54	16.92	6.00	21.91
29 R29	27.90	20.94	72.66	29.85	67.14	16.85	6.28	21.79
30 R30	43.07	30.34	70.53	40.51	73.23	19.49	7.28	23.70
31 R31	38.18	25.47	74.23	36.88	80.23	20.40	7.09	25.21
32 R32	35.15	27.56	71.49	37.26	63.10	18.18	6.80	23.13
33 R33	42.71	31.09	67.58	39.14	70.36	19.85	7.12	23.35
34 R34	23.14	18.05	72.09	24.29	59.37	13.98	5.63	18.91
35 R35	32.75	25.41	77.22	38.90	67.07	17.16	6.42	21.49
36 R36	41.71	31.94	77.98	44.33	73.00	19.72	7.09	23.45
37 R37	44.06	32.99	74.38	45.77	71.59	20.88	7.40	24.06
38 R38	42.65	32.97	74.76	44.42	74.13	20.29	7.38	24.32
39 R39	28.79	22.41	76.83	35.91	64.52	16.85	6.34	22.24
40 R40	44.31	31.38	72.24	43.83	74.73	21.53	7.60	25.46
41 C1	42.42	31.68	64.03	40.22	67.02	20.73	6.90	26.16
42 C2	41.77	32.35	86.11	46.03	75.35	20.40	6.96	22.99
43 C3	41.94	31.09	82.04	43.17	74.04	19.06	6.26	23.44
44 C4	39.03	28.71	78.63	45.97	70.49	21.27	6.67	23.37
45 C5	43.97	30.95	72.99	39.14	77.89	19.88	6.68	25.44
46 C6	37.56	27.14	83.29	39.16	81.18	19.47	6.97	25.25
47 C7	38.41	28.58	83.90	42.53	76.44	19.28	6.00	23.47
48 C8	40.08	27.25	83.50	43.33	80.16	22.77	7.92	26.81
49 C9	46.77	34.87	51.89	37.68	61.16	19.25	6.92	24.82
YEAR MS	1279.09	3398.82	3026.80	2278.15	8449.20	672.15	3.36	51.32
VARIETY MS	909.21	476.72	1376.10	635.27	762.41	80.21	6.44	74.17
VAR.YEAR MS	23.16	18.86	14.12	23.16	46.58	4.76	0.28	2.73
F1 RATIO	39.26	25.27	97.43	27.43	16.37	16.84	22.83	27.16
VAR.REP MS	8.83	8.19	4.59	11.95	23.23	1.52	0.15	1.70
LAMBDA VALUE	1.62	1.52	1.75	1.39	1.42	1.77	1.37	1.27
BETWEEN SE	1.13	1.02	0.89	1.13	1.61	0.51	0.13	0.39
WITHIN SE	0.70	0.67	0.50	0.81	1.14	0.29	0.09	0.31
DF	96	94	96	96	96	96	96	96
MJRA SLOPE 88	0.90	0.86	0.99	0.91	0.99	1.09	0.97	0.95
MJRA SLOPE 89	1.05	1.08	1.01	0.99	1.06	0.97	1.02	0.98
MJRA SLOPE 90	1.05	1.06	1.00	1.10	0.95	0.94	1.01	1.07
REGR F VAL	4.66	6.17	0.06	4.48	0.76	1.62	0.29	1.91
REGR PROB	1.17	0.30	93.82	1.39	47.08	20.27	74.68	15.38
TEST	COY	REG	COY	COY	COY	COY	COY	COY

Table B 2 : Exemple de résultats issus du programme COYD – comparaison des variétés R1 et C1

PRG (DIPLOID) EARLY N.I. UPOV 1988-90

41 C1 VERSUS 1 R1

*** USING REGR WHERE SIG ***

(T VALUES + VE IF 41 C1 > 1 R1)

SIG LEVELS					COYD			T VALUES				F3		
YEARS					T	PROB%	SIG	YEARS			TSCORE			
88	89	90						88	89	90				
5	SP.HGHT	-	-	-1	ND	-1.78	7.88	NS	-1.05	-1.34	-2.64	-2.64	0.23	NS
60	NATSPHT	-	-1	-	ND	-2.02	4.61	*	-1.58	-2.61	-1.17	-2.61	0.22	NS
8	DATEEE	-1	-1	+	D	-3.06	0.29	**	-4.14	-6.33	0.80	-6.74	3.99	*
10	HGHT.EE	-1	-1	-5	D	-3.11	0.25	**	-2.79	-2.69	-2.06	-7.55	0.06	NS
11	WIDTHEE	-	-	-	ND	-1.33	18.58	NS	-1.47	-1.80	-0.21	0.00	0.32	NS
14	LGTHFL	+	+	-	ND	0.47	63.61	NS	0.17	1.83	-0.67	0.00	0.56	NS
15	WIDTHFL	+	-	+	ND	0.27	78.83	NS	0.31	-0.41	0.67	0.00	0.17	NS
24	EARLGTH	5	1	+	ND	2.93	0.42	**	2.10	3.33	1.01	5.43	0.84	NS

Notes

- Les trois colonnes intitulées "COYD", T PROB% et SIG indiquent la valeur du test t de l'analyse COYD, son niveau de signification et son seuil de signification. La valeur de T est la statistique d'essai obtenue en divisant l'écart moyen entre deux variétés par l'erreur type de cet écart. On peut rechercher si la valeur T est significative en la comparant avec les valeurs appropriées de la table t de Student. Calculer et examiner une valeur de T de cette manière équivaut à calculer une PPDS et à vérifier si l'écart moyen entre les deux variétés est supérieur à cette dernière.
- Les deux colonnes de droite "F3" reprennent la statistique du rapport de variance F_3 et son seuil de signification. La statistique F_3 est définie dans la section 3.6.2 de la deuxième partie.
- Les parties encadrées concernent les méthodes d'examen de la distinction précédemment utilisées. Les trois colonnes "T VALUES, YEARS" intitulées 88, 89 et 90 donnent les valeurs du test t pour chacune de ces années (le test t bilatéral pratiqué sur les moyennes variétales, les erreurs types étant estimées sur la base du carré moyen résiduel par parcelle), et les trois colonnes intitulées "SIG LEVELS, YEARS" et 88, 89 et 90 donnent leur sens et leur seuil de signification. La colonne contenant les lettres D et ND indique le niveau de distinction des deux variétés calculé selon la méthode des 2 x 1% décrite dans section 4 de la deuxième partie. La colonne intitulée T SCORE donne les résultats de l'analyse selon l'ancien système T Score et elle doit être ignorée.

Tableau B 3 : Exemple de résultats issus du programme COYD – niveau de distinction des variétés candidates

PRG (DIPLOID) EARLY N.I. UPOV 1988-90

SUMMARY FOR COYD AT 1.0% LEVEL

*** USING REGR ADJ WHEN SIG ***

CANDIDATE VARIETIES	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
1	R1	D	D	D	D	D	D	D	D
2	R2	D	D	D	D	ND	D	D	D
3	R3	D	D	D	D	D	D	D	D
4	R4	D	D	D	D	D	D	D	D
5	R5	D	D	D	D	D	D	D	D
6	R6	D	D	D	D	D	D	D	D
7	R7	D	D	D	D	D	D	D	D
8	R8	D	D	D	D	D	D	D	D
9	R9	D	D	D	D	D	D	D	D
10	R10	D	D	D	D	D	D	D	D
11	R11	D	D	D	D	D	D	D	D
12	R1	D	D	D	D	D	D	D	D
13	R13	D	D	D	D	ND	D	D	D
14	R14	D	D	D	D	D	D	D	D
15	R15	D	D	D	D	D	D	D	D
16	R16	D	D	D	D	D	D	D	D
17	R17	D	D	D	D	D	D	D	D
18	R18	D	D	D	D	D	D	D	D
19	R19	D	D	D	D	D	D	D	D
20	R20	D	D	D	D	D	D	D	D
21	R21	D	D	D	D	D	D	D	D
22	R22	D	D	D	D	D	D	D	D
23	R23	D	D	D	D	D	D	D	D
24	R24	D	D	D	D	D	D	D	D
25	R25	D	D	D	D	D	D	D	D
26	R26	D	D	D	D	D	D	D	D
27	R27	D	D	D	D	D	D	D	D
28	R28	D	D	D	D	D	D	D	D
29	R29	D	D	D	D	D	D	D	D
30	R30	D	D	D	D	D	D	D	D
31	R31	D	D	D	D	D	D	D	D
32	R32	D	D	D	D	D	D	D	D
33	R33	D	D	D	D	D	D	D	D
34	R34	D	D	D	D	D	D	D	D
35	R35	D	D	D	D	D	D	D	D
36	R36	D	D	D	ND	D	D	D	D
37	R37	D	D	D	D	D	D	D	D
38	R38	D	D	D	D	D	D	D	D
39	R39	D	D	D	D	D	D	D	D
40	R40	D	D	D	D	D	D	D	D
41	C1	-	D	D	D	D	D	D	D
42	C2	D	-	D	D	D	D	D	D
43	C3	D	D	-	D	D	ND	D	D
44	C4	D	D	D	-	D	D	D	D
45	C5	D	D	D	D	-	D	D	D
46	C6	D	D	D	D	D	-	D	D
47	C7	D	D	ND	D	D	D	-	D
48	C8	D	D	D	D	D	D	-	D
49	C9	D	D	D	D	D	D	D	-
NO OF ND VARS		0	0	1	1	2	0	1	0
DISTINCTNESS		D	D	ND	ND	ND	D	ND	D
CANDIDATE VAR		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C9

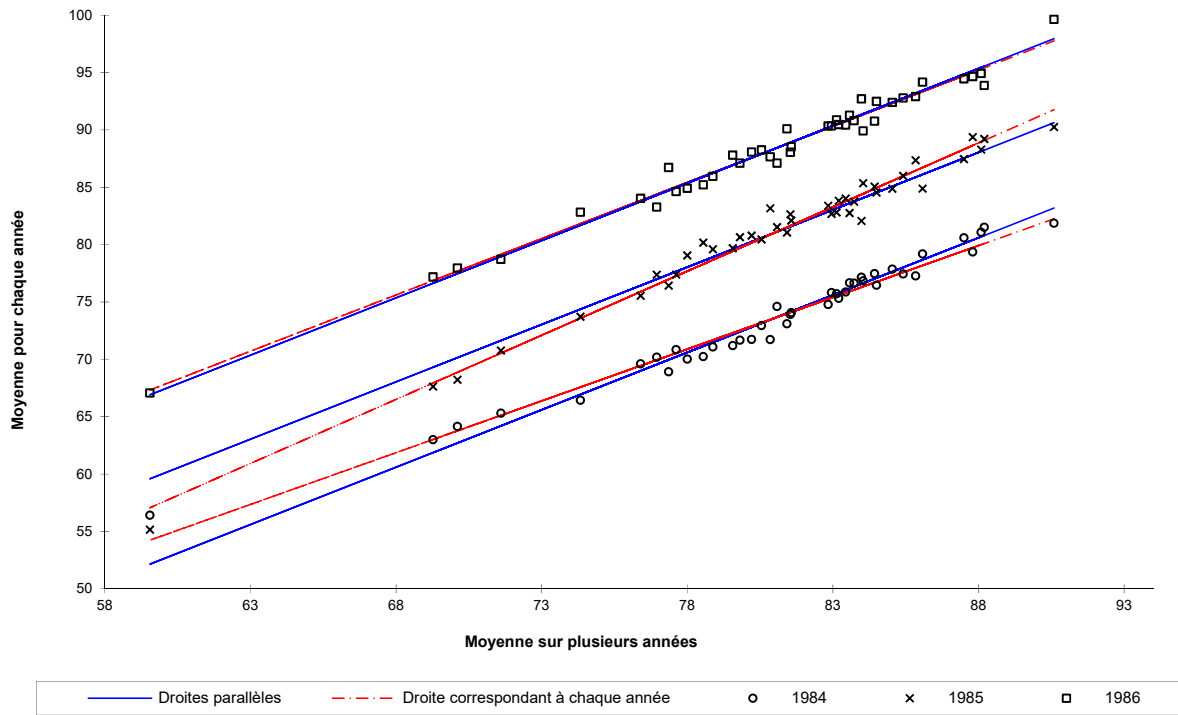
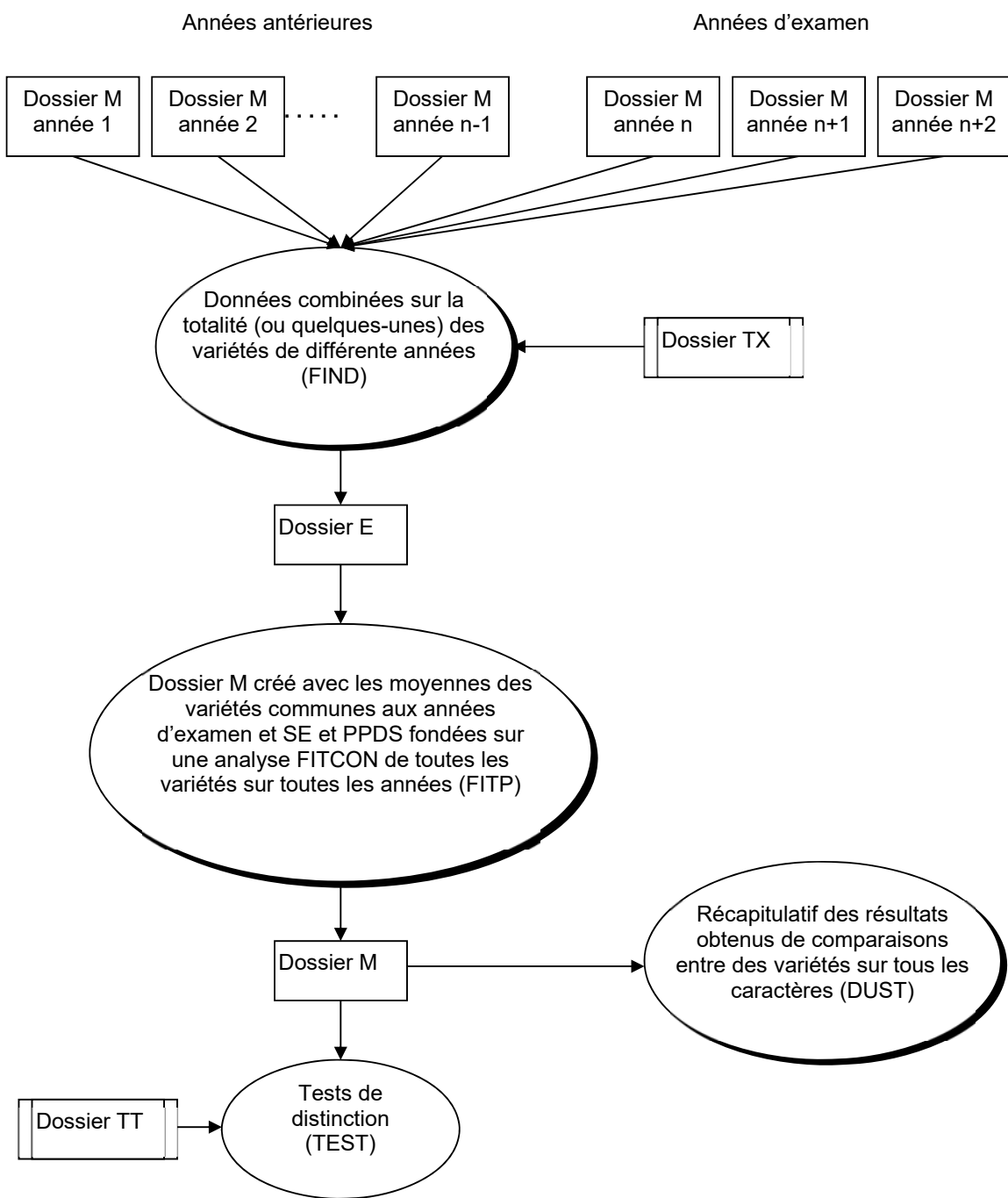


Figure B2. Diagramme des étapes et modules DUST utilisés pour produire des PPDS sur le long terme et réaliser l'analyse COYD sur le long terme



3.11 Schémas utilisés pour l'application de l'analyse COYD

3.11.1 Les quatre cas suivants sont ceux qui, en général, représentent les différentes situations qui peuvent se produire lorsque l'analyse COYD est utilisée dans l'examen DHS :

Schéma A : l'examen a lieu sur 2 cycles de végétation indépendants et les décisions sont prises après 2 cycles (un cycle de végétation pourrait couvrir une année et il est plus loin indiqué par cycle).

Schéma B : l'examen a lieu sur 3 cycles de végétation indépendants et les décisions sont prises après 3 cycles.

Schéma C : l'examen a lieu sur 3 cycles de végétation indépendants et les décisions sont prises après 3 cycles mais une variété peut être acceptée après 2 cycles.

Schéma D : l'examen a lieu sur 3 cycles de végétation indépendants et les décisions sont prises après 3 cycles mais une variété peut être acceptée ou refusée après 2 cycles.

3.11.2 Les stades auxquels les décisions sont prises dans les cas A à D sont illustrés dans les figures 1 à 4 respectivement qui donnent également les divers niveaux de probabilité standard (p_{d2} , p_{nd2} , p_{d3} , p_{u2} , p_{nu2} et p_{u3}) nécessaires pour calculer les critères COYD en fonction du cas. Ces niveaux sont définis comme suit :

Niveau de probabilité	Utilisé pour décider si une variété est :-
p_{d2}	distincte après 2 cycles
p_{nd2}	non distincte dans un caractère après 2 cycles
p_{d3}	distincte après 3 cycles

3.11.3 Dans les figures 1 à 4, le critère COYD calculé au moyen par exemple du niveau de probabilité p_{d2} est indiqué par $LSD_{p_{d2}}$, etc. Le terme "diff" représente la différence entre les moyennes d'une variété candidate et d'une autre variété pour un caractère.

3.11.4 Le tableau 1 résumé les différents niveaux de probabilité standard nécessaires pour calculer les critères COYD dans chacun des cas A à D. C'est ainsi par exemple que, dans le cas B, un niveau de probabilité seulement est nécessaire (p_{d3}) alors que, dans le cas C, il en faut deux (p_{d2} , p_{d3}).

Tableau 1	COYD		
	p_{d2}	p_{nd2}	p_{d3}
A			
B			
C			
D			

Figure 1. Décisions COYD et niveaux de probabilité standard (p_i) dans le cas A

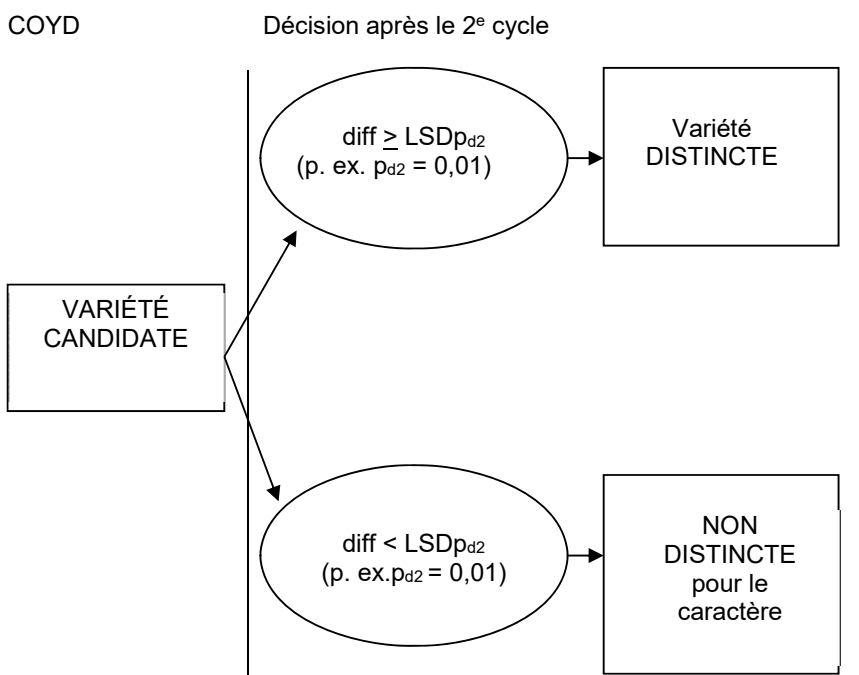
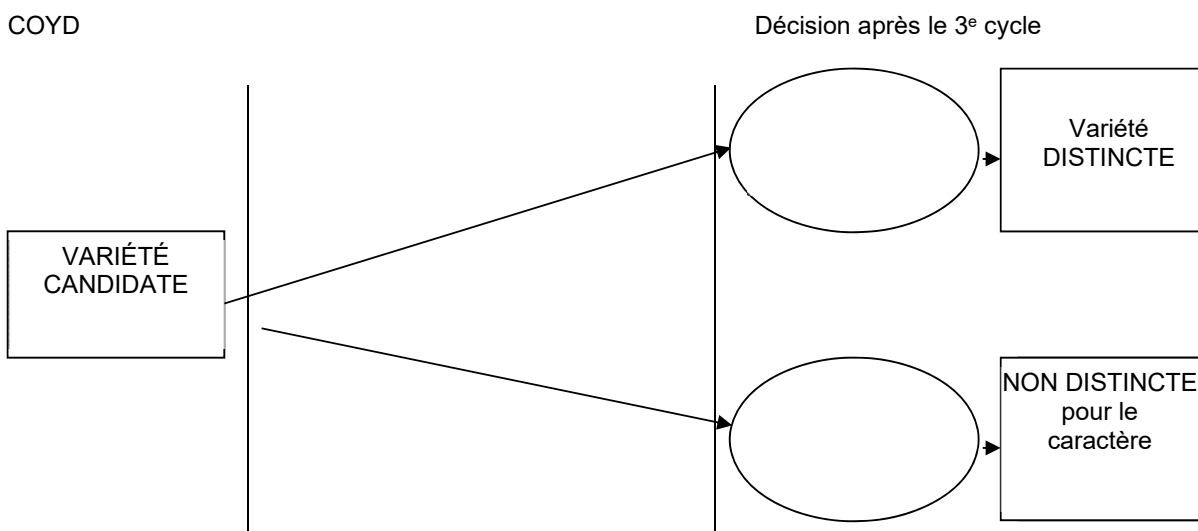


Figure 2. Décisions COYD et niveaux de probabilité standard (p_i) dans le cas B



NOTE :

"diff" est la différence entre les moyennes de la variété candidate et d'une autre variété pour le caractère.
LSDp est le critère COYD calculé au niveau de probabilité p .

Figure 3. Décisions COYD et niveaux de probabilité standard (p_i) dans le cas C

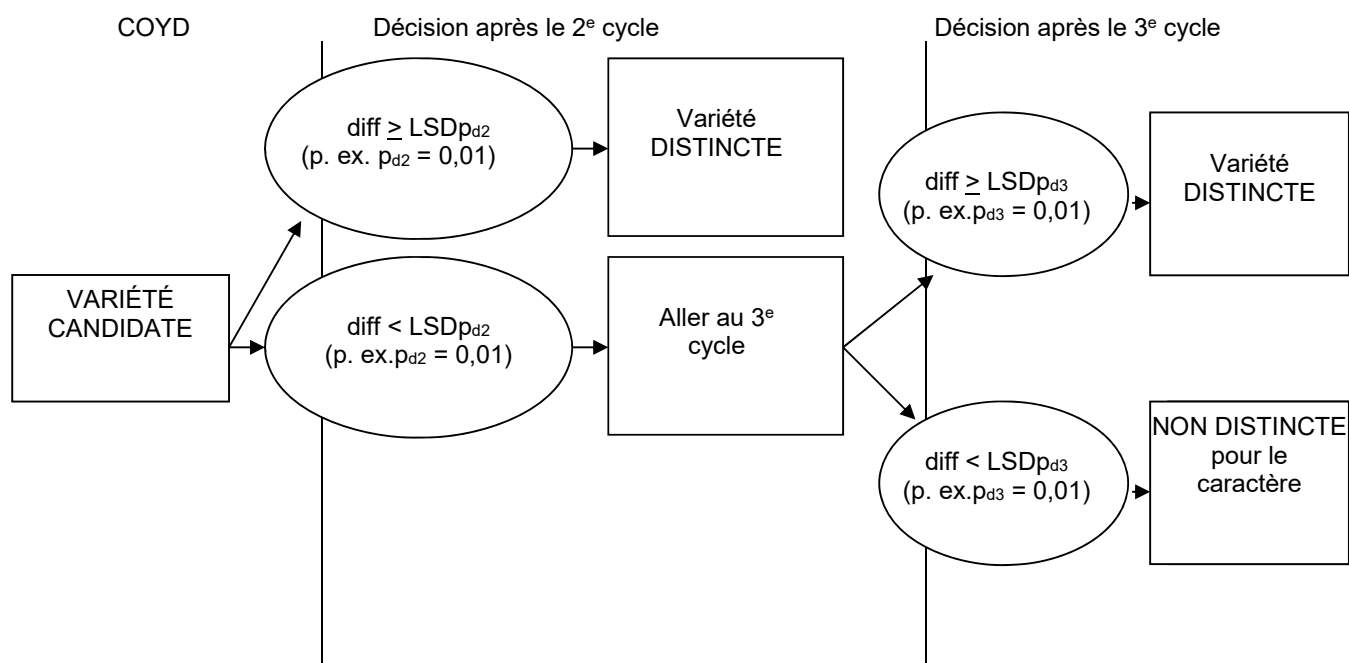
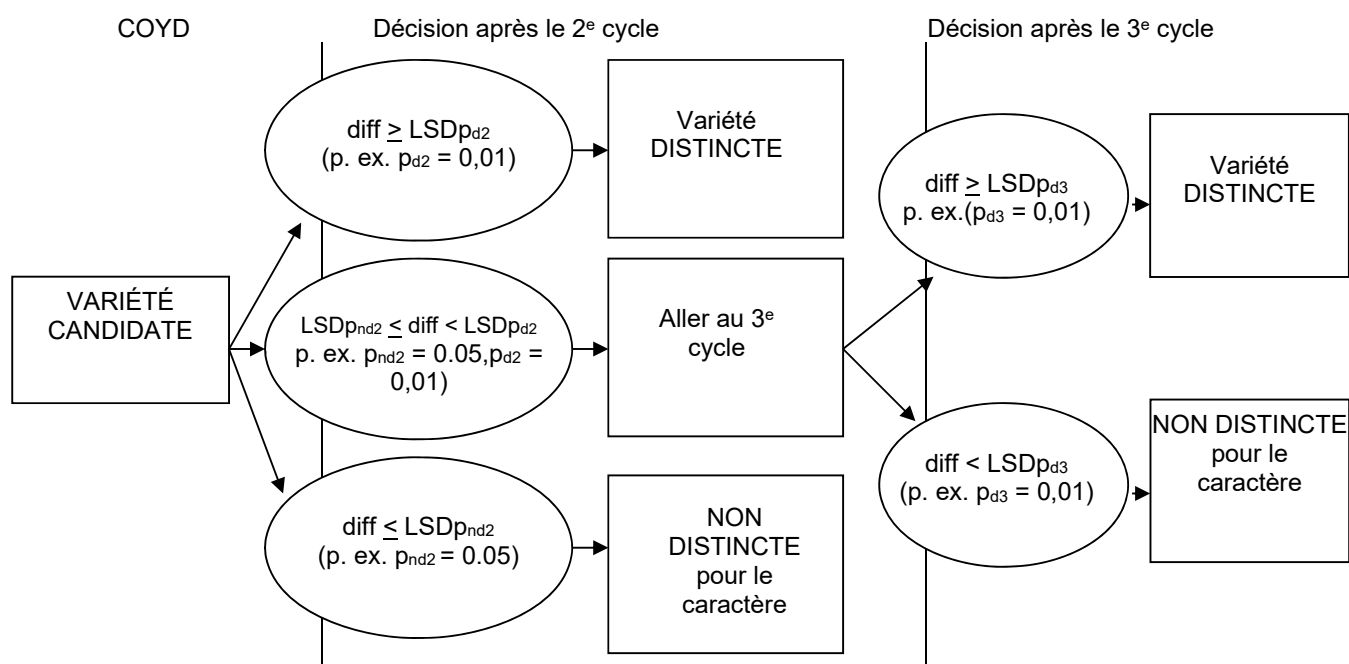


Figure 4. Décisions COYD et niveaux de probabilité standard (p_i) dans le cas D



NOTE :

"diff" est la différence entre les moyennes de la variété candidate et d'une autre variété pour le caractère.
LSDp est le critère COYD calculé au niveau de probabilité p.

4. MÉTHODE DU 2 X 1%

4.1 Critères d'utilisation de l'analyse

4.1.1 L'analyse 2x1% est une méthode appropriée pour évaluer la distinction des variétés :

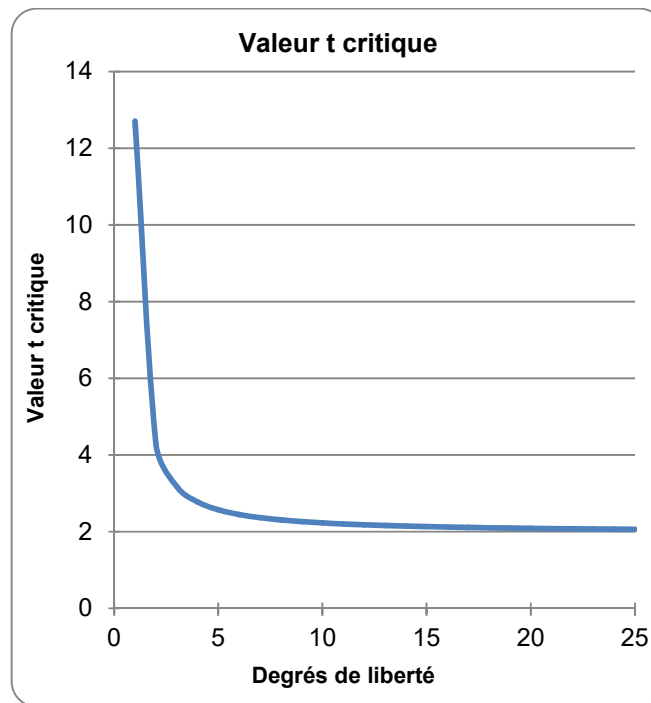
- lorsque le caractère est quantitatif;
- lorsque les plantes (ou parcelles) d'une variété donnée présentent des différences;
- lorsque les observations sont réalisées plante par plante (ou parcelle par parcelle) sur deux années ou plus;
- lorsqu'il existe au moins 10, de préférence au moins 20, degrés de liberté pour le carré moyen résiduel servant à évaluer l'erreur type du test t chaque année;
- pour obtenir des répétitions.

4.2 Le critère du 2x1% (Méthode)

4.2.1 Pour que deux variétés puissent être considérées comme distinctes selon le critère des 2x1%, il faut qu'elles présentent une différence significative de même sens au niveau de 1% au moins deux années sur trois pour au moins l'un des caractères mesurés. Les essais réalisés chaque année font appel à un test t bilatéral des écarts entre les moyennes variétales, les erreurs types étant estimées sur la base du carré moyen résiduel issu de l'analyse des moyennes de la variété/parcelle de répétition.

4.2.2 En ce qui concerne le critère de 2x1%, comparé à l'analyse COYD, il convient de noter que :

- Une partie de l'information est perdue du fait que la méthode repose sur une accumulation de décisions issues des résultats des tests t réalisés lors de chacune des années d'examen. Ainsi, un écart qui n'est pas tout à fait significatif au seuil de 1% ne contribue pas plus à la séparation de deux variétés qu'un écart nul ou un écart dans le sens opposé. Par exemple, trois écarts dans le même sens, dont l'un est significatif au seuil de 1% et les autres au seuil de 5% ne seraient pas considérés comme distincts.
- Quelques caractères sont au fil des ans plus cohérents que d'autres dans leur expression des écarts entre les variétés. Toutefois, outre que la méthode des 2x1% exige des écarts allant dans le même sens, elle ne tient pas compte de l'uniformité dans l'ampleur des écarts d'une année sur l'autre.
- Il est recommandé qu'il existe au moins 10, de préférence au moins 20, degrés de liberté pour le carré moyen résiduel servant à évaluer l'erreur type dans le test t chaque année. Cela permet de s'assurer que le carré moyen résiduel est fondé sur des données suffisantes pour constituer une estimation fiable de la variation variété/répétition utilisée dans l'erreur type du test t. Moins il y a de données, moins il y a de degrés de liberté pour le carré moyen résiduel, moins l'estimation de l'erreur type dans le test t est fiable. Cela est compensé par le fait que la valeur t critique utilisée dans le test t est plus élevée. Cela donne lieu à un examen moins discriminant, ce qui signifie que les chances de considérer une variété comme distincte sont réduites. Comme le montre le graphique ci-dessous, l'examen se révèle discriminant, avec au moins 20 degrés de liberté pour le carré moyen résiduel, et il reste raisonnablement discriminant si les degrés de liberté tombent à 10, quoiqu'un nombre supérieur soit préférable.



Si l'on part du principe que les répétitions sont organisées en blocs, 20 degrés de liberté correspondent à 11 variétés dans trois répétitions ou à cinq variétés dans six répétitions, alors que 10 degrés de liberté correspondent à six variétés dans trois répétitions ou à trois variétés dans six répétitions.

5. TEST DU KHI CARRÉ DE PEARSON APPLIQUÉ AUX TABLEAUX DE CONTINGENCE

5.1 Un tableau de contingence est un tableau exprimant les réponses des sujets à un facteur sous forme de fonction d'un autre facteur. Dans le cadre de l'examen DHS, ces tableaux sont généralement utilisés pour les données catégoriques lorsqu'il est possible d'attribuer aux individus d'une variété des niveaux d'expression discrets en ce qui concerne un caractère. Selon les circonstances, différents tests statistiques peuvent être utilisés pour analyser les données figurant dans les tableaux de contingence. Ainsi, le test du khi carré de Pearson appliqué aux tableaux de contingence est utile

- lorsque les observations portant sur un caractère sont attribuées à plusieurs catégories (classes) et consignées dans un tableau de contingence;
- lorsque les plantes (ou parcelles) d'une variété donnée présentent des différences;
- lorsque la seule source de variation doit résulter de l'échantillonnage aléatoire, c'est-à-dire lorsqu'il ne doit exister aucune variation due aux conditions pédologiques, etc.;
- lorsque la valeur minimale escomptée dans chaque catégorie est de cinq.

5.2 Dans certains cas, la distinction peut être établie en classant les différentes variétés en grands groupes et en démontrant statistiquement l'existence de différents schémas de groupement pour différentes variétés. Ces exemples comprennent les dénombrements fondés sur les grands groupes de couleur des fleurs (p. ex. violet-bleu foncé par opposition au violet non bleu foncé) ainsi que les catégories d'infection (maladies, parasites, nématodes). Les données reposant sur les dénombrements d'individus dans un échantillon/population appartenant aux différentes classes doivent faire l'objet d'une analyse statistique à prenant en charge les données catégoriques.

5.3 Pour utiliser l'analyse khi carré aux fins de la protection d'une obtention végétale, nous devons nous demander comment arriver à certaines conclusions relatives à la distinction en formulant des hypothèses au moyen des données de classement.

La formule type pour la statistique khi carré utilisée dans cette analyse est la suivante :

$$\chi^2 = \sum \frac{(\text{Valeur observée d'une classe} - \text{Valeur attendue d'une classe})^2}{\text{Valeur attendue}}$$

5.4 Aussi, la distribution khi carré est une distribution continue fondée sur la distribution normale sous-jacente.

5.5 Les précautions suivantes doivent être prises en considération avant d'utiliser le test khi carré :

- 1) Le choix de l'hypothèse à expérimenter doit reposer sur des faits ou principes connus précédemment.
- 2) Compte tenu de l'hypothèse retenue, vous devez pouvoir attribuer correctement les valeurs attendues à chaque classe. Évitez d'utiliser le test khi carré si la taille de la classe attendue la plus petite est inférieure à cinq. En élargissant la taille de l'échantillon, il est possible d'accroître celle de la classe attendue la plus petite. Alternativement, si quelques classes ont une taille inférieure à cinq, soit regroupez les classes adjacentes pour ramener la taille de la classe groupée à cinq ou plus de cinq, soit utilisez un test exact.
- 3) Par degré de liberté, on entend le nombre de classes indépendantes auxquelles il faut attribuer une valeur arbitraire. Par exemple, si nous avons deux classes, le degré de liberté est de $2-1 = 1$. Par conséquent, lorsqu'on utilise cette méthode pour vérifier une hypothèse, le nombre de degrés de liberté pour l'examen khi carré est un de moins que le nombre de classes.
- 4) Évitez d'utiliser deux situations de classe qui se suivent un peu comme la distribution binomiale, np ou nq étant inférieure à 5. Si vous rencontrez de telles situations, calculez les valeurs attendues au moyen de la formule fondée sur la distribution binomiale. Dans une situation à deux classes, np est la taille d'une des classes déterminée par le nombre d'événements (n) x la probabilité

d'entrer dans cette classe (p). De même, la taille de l'autre classe (nq) est déterminée par $n \times q$ la probabilité (q) d'entrer dans cette classe. En d'autres termes, dans une situation où la probabilité d'entrer dans une des deux classes est égale ($p=q=0,5$) et la taille de l'échantillon est de 10 (n), le nombre attendu dans chaque classe est de 5. Utilisez toujours la correction de Yates pour déterminer le test khi carré avec un seul degré de liberté.

5.6 Examinons les données ci-après sur la notation pour une maladie de deux générations d'une variété candidate Luzerne et de quatre variétés notoirement connues. La maladie considérée était *Colletotrichum trifolii* (caractère 19, TG/6/5, Luzerne). La notation reposait sur une échelle de 5 classes, la classe 1 (la note 90 étant résistante) et la classe 5 (note 1) sensible.

Tableau de contingence du nombre de plantes dénombrées dans différentes classes de chaque variété après 7 à 10 jours d'inoculation

Note (Classe)	Variété candidate	Variété 1	Variété 2	Variété 3	Variété 4
9(1)	34	12	6	1	7
7(2)	4	7	6	5	10
5(3)	1	9	5	5	5
3(4)	1	7	9	8	7
1(5)	6	9	19	9	15
Total	46	44	45	28	44

5.7 On peut déduire du tableau que la variété candidate a plus de plantes dans la catégorie des variétés résistantes que les quatre variétés notoirement connues. Toutefois, pour vérifier la nature significative de cette différence, nous devons formuler une hypothèse :

1) Celle de savoir si les quatre variétés notoirement connues sont très différentes ou non de la variété candidate dans la distribution des résultats, c'est-à-dire en vérifiant l'hypothèse nulle. Dans ce cas-ci, cette hypothèse est que toutes les variétés font état d'une réaction similaire à la pourriture de couronne *Colletotrichum*. Il faut procéder en examinant la "distinction χ^2 ".

5.8 Il est nécessaire de regrouper les classes pour former une nouvelle classe groupée intermédiaire afin d'atteindre la valeur minimale attendue pour l'utilisation du test du khi carré.

Les données observées se ramènent à ce qui suit :

Classe/Note	Variété candidate	Variété 1	Variété 2	Variété 3	Variété 4
1	34	12	6	1	7
2	6	23	20	18	22
3	6	9	19	9	15
Total	46	44	45	28	44

5.9 Pour chaque comparaison de la variété candidate avec chaque variété notoirement connue, un tableau à deux entrées des valeurs observées est établi. Les valeurs attendues sont le produit des totaux des rangs et des colonnes divisé par le total général, et la statistique du Khi carré est calculée. Les valeurs attendues pour les différentes variétés se répartissent de la manière suivante :

Valeurs observées pour la variété 1

Classe/Note	Variété candidate	Variété 1	Total
1	34	12	46
2	6	23	29
3	6	9	15
Total	46	44	90

Valeurs attendues pour la variété 1

Classe/Note	Variété candidate	Variété 1	Total
1	23,5=46x46/90	22,5=46x44/90	46
2	14,8=29x46/90	14,2=29x44/90	29
3	7,7=15x46/90	7,3=15x44/90	15
Total	46	44	90

De la même façon, en utilisant le tableau des observations figurant à la section 5.3.8, les valeurs attendues pour les variétés 2,3 et 4 sont les suivantes :

Classe/Note	Variété candidate	Variété 2	Total
1	20,2	19,8	40
2	13,1	12,9	26
3	12,6	12,4	25
Total	46	45	91

Classe/Note	Variété candidate	Variété 3	Total
1	21,8	13,2	35
2	14,9	9,1	24
3	9,3	5,7	15
Total	46	28	74

Classe/Note	Variété candidate	Variété 4	Total
1	21,0	20,0	41
2	14,3	13,7	28
3	10,7	10,3	21
Total	46	44	90

5.10 Pour calculer la "distinction χ^2 " pour la variété 1

$\chi^2 = (34-23,5)^2/23,5 + (12-22,5)^2/22,5 + (6-14,8)^2/14,8 + (23-14,2)^2/14,2 + (6-7,7)^2/7,7 + (9-7,3)^2/7,3 = 21,1$
sur $(\text{Nb rangs} - 1)(\text{Nb colonnes} - 1) = 2$ df

5.11 Le nombre de degrés de liberté pour le tableau χ^2 table est le nombre de rangs moins un multiplié par le nombre de colonnes moins un, soit : $(3 - 1) \times (2 - 1) = 2$.

5.12 À $P = 0,01$, pour 2 df, la valeur tabulaire est de 9,21. La distinction χ^2 calculée est supérieure à la valeur χ^2 du tableau. C'est pourquoi nous rejetons l'hypothèse nulle selon laquelle la variété 1 a une réaction à la maladie similaire à celle de la variété candidate.

5.13 De même, la "distinction χ^2 " calculée pour la variété 2, la variété 3 et la variété 4 est de 33,9, 35,4 et 30,8 respectivement, qui sont supérieures à la valeur χ^2 du tableau, soit 9,21 à 2 df.

5.14 Par conséquent, les quatre variétés notoirement connues sont considérablement différentes de la variété candidate en ce qui concerne la réaction à la pourriture de couronne Colletotrichum.

6. TEST EXACT DE FISHER

Le test exact de Fisher est un test statistique utilisé dans l'analyse de données catégoriques (qualitatives) lorsque le nombre d'échantillons (c'est-à-dire la taille de l'échantillon) est petit. Le test exact de Fisher appliqué aux tableaux de contingence 2 x 2 est utile

- lorsque les observations portant sur un caractère sont attribuées à plusieurs catégories (classes);
- lorsque la seule source de variation doit résulter de l'échantillonnage aléatoire, c'est-à-dire lorsqu'il ne doit exister aucune variation due aux conditions pédologiques, etc.;
- lorsque la valeur minimale escomptée dans chaque catégorie est inférieure à 10.

6.1 Évaluation de la distinction

6.1.1 Le test exact de Fisher sert à déterminer s'il y a des associations non aléatoires entre deux variables nominales dans un tableau de contingence 2 x 2⁶ et il peut être utilisé lorsque l'échantillon numéro un pour une ou plusieurs catégories de chaque variété est inférieur à 10 (voir les cellules encadrées en gras du tableau 1) ou lorsque le tableau est très équilibré. Lorsque le nombre d'échantillons est plus élevé (c'est-à-dire 10 ou plus), on préfère un test khi carré.

6.1.2 Ce test s'applique uniquement à l'analyse des données nominales. Les exemples hypothétiques suivants illustrent cette méthode :

Exemple 1

6.1.3 Dans l'exemple ci-après, la fréquence des fleurs bleu foncé est utilisée comme un caractère pertinent de l'essai DHS. Dans cet exemple d'un essai DHS avec deux variétés, les plantes sont considérées comme ayant ou n'ayant pas de fleurs bleu foncé.

6.1.4 Supposez que les deux variétés (Variété 1 et variété 2) ont des différences observées dans la proportion de fleurs bleu foncé. Les examinateurs doivent pouvoir déterminer de manière fiable si ces différences peuvent être acceptées comme pouvant être nettement distinguées et si la méthode du test exact de Fisher constitue une méthode acceptée pour vérifier l'hypothèse que les différences observées sont statistiquement significatives. On trouvera au tableau 1 des données hypothétiques en provenance d'un total de 24 plantes.

Tableau 1 : Un tableau de contingence 2 x 2 – Nombre de plantes ayant des fleurs qui ne sont pas ou qui sont bleu foncé observées dans la variété 1 et la variété 2

+	Variété 1	Variété 2	Total
Pas bleu foncé	4	9	13
Bleu foncé	8	3	11
Total	12	12	24

Dans un tableau de contingence 2 x 2, le nombre de degrés de liberté est toujours 1.

6.1.5 Quelle est la probabilité que la variété 1 soit distincte de la variété 2 sur la base de ce caractère, sachant que 11 de ces 24 fleurs sont bleu foncé, que 8 sont de la variété 1 et que 3 de la variété 2? Ou, en d'autres termes, la différence observée dans la couleur des fleurs est-elle associée à des différences variétales, ou encore est-il probable qu'elle soit attribuable à un échantillonnage aléatoire? La méthode de Fisher permet de calculer la probabilité exacte d'une association non aléatoire, d'un tableau de contingence 2 x 2, utilisant pour ce faire une distribution hypergéométrique⁷. Dans ce cas, la probabilité équivaut à la somme des probabilités pour chaque valeur possible équivalente ou supérieure aux valeurs observées. En conséquence, outre les valeurs observées, le nombre de fleurs bleu foncé qui donnerait un résultat probant serait de 9, 10 ou 11 pour la variété 1 et de 2, 1 ou 0 pour la variété 2.

⁶ Un tableau de contingence est utilisé pour enregistrer et analyser la relation entre deux variables ou plus, le plus souvent des variables nominales.

⁷ Une distribution hypergéométrique est une distribution de probabilité discrète donnant la probabilité de x succès dans une séquence de n essais (sans remplacement) pour une population finie.

6.1.6 Représentant les cellules ci-dessus avec notation algébrique, on trouve la formule générale du calcul de la probabilité des nombres observés (Tableau 2).

Tableau 2 : Notation algébrique pour le test exact de Fisher

	Variété 1	Variété 2	Total
Pas bleu foncé	a	b	a + b
Bleu foncé	c	d	c + d
Total	a + c	b + d	n

$$p = \frac{(a+b)! (c+d)! (a+c)!(b+d)!}{n!a!b!c!d!}$$

6.1.7 Où p est la probabilité exacte de Fisher de trouver une distribution non aléatoire entre les variétés et les caractères. (! est le symbole pour factorielle).

6.1.8 Lorsque les notations algébriques dans le tableau 2 sont remplacées par les nombres observés du tableau 1 :

$$p = \frac{(13)! (11)! (12)!(12)!}{24!4!9!8!3!}$$

Après avoir résolu les factorielles,

$$p = 0,05$$

6.1.9 L'interprétation de la valeur p calculée par le test exact de Fisher est directe. Dans l'exemple ci-dessus, p = 0,05, ce qui signifie qu'il y a 5% de possibilité que, vu la taille de l'échantillon et la distribution dans le tableau 1, les différences observées sont attribuables à l'échantillonnage seulement. Compte tenu de la petite taille de l'échantillon et de la nécessité de pouvoir distinguer nettement les variétés l'une de l'autre, c'est aux services d'examen qu'il appartient de choisir p = 0,01 comme le niveau d'acceptabilité significatif supérieur de notre hypothèse nulle. Ceci étant, un service d'examen conclurait de cet exemple que la différence observée dans le caractère bleu foncé ou pas bleu foncé n'est pas sensiblement différente et que les deux variétés (variété 1 et variété 2) ne sont pas à cet égard distinctes.

Exemple 2

6.1.10 On trouvera au tableau 3 les observations pour la variété 3 et la variété 4 relatives au même caractère :

Tableau 3 : Nombre de plantes avec des fleurs qui ne sont pas bleu foncé et des fleurs bleu foncé qui sont observées dans la variété 3 et la variété 4

	Variété 3	Variété 4	Total
Pas bleu foncé	1	9	10
Bleu foncé	11	3	14
Total	12	12	24

Plaçant les valeurs données ci-dessus dans la distribution hypergéométrique de Fisher :

$$p = \frac{(10)! (14)!(12)!(12)!}{24!1!9!11!3!}$$

Après avoir résolu les factorielles, la valeur de probabilité de Fisher est calculée comme étant :

$$p = 0,001$$

6.1.11 Dans ce cas particulier, l'hypothèse nulle (selon laquelle les variétés sont semblables sur la base du caractère bleu foncé par rapport au caractère pas bleu foncé) est rejetée parce que la probabilité calculée de

Fisher est très nettement inférieure au niveau de différence significative acceptable ($p = 0,01$). Par conséquent, les deux variétés (variété 3 et variété 4) doivent être déclarées distinctes.

7. LE MODÈLE MATCH

7.1 Modalités d'application de la méthode

7.1.1 La méthode match est adaptée pour évaluer la distinction des variétés

- lors de l'analyse de données sur plusieurs années;
- lorsque les observations effectuées sur une plante (ou une parcelle) la deuxième année sont comparées aux observations effectuées par l'obtenteur au cours de la première année;
- lorsqu'il est fait état de différences entre les plantes (ou les parcelles) d'une variété sur la base des renseignements issus de l'essai effectué la première année;
- les modalités d'application de la méthode dépendent du test statistique utilisé (p. ex. PPDS, test de comparaisons multiples (MRT), Khi carré ou test exact de Fisher).

7.2 La méthode Match

7.2.1 La méthode Match d'évaluation de la distinction a été mise au point pour être utilisée lorsque les essais sont effectués par l'obtenteur durant la première année et examinés par le service d'examen la deuxième année (voir la section 2.1 du document TGP/6/1). La question de savoir si les différences sont suffisamment reproductibles est examinée au moyen d'un test statistique (p. ex. PPDS, test de comparaisons multiples (MRT), Khi carré ou test exact de Fisher) pour déterminer si les différences des moyennes variétales sur une année durant la deuxième année sont significatives et conformes à la "direction des différences" déclarée par les obtenteurs la première année. Le choix du test statistique dépend du type d'expression du caractère concerné. Pour établir la distinction de deux variétés à l'aide de la méthode Match, les variétés doivent être nettement différentes dans la direction indiquée par l'obtenteur la première année.

7.2.2 Les modalités d'application de la méthode dépendent du test statistique utilisé (p. ex. PPDS, test de comparaisons multiples (MRT), Khi carré ou test exact de Fisher). Pour les caractères quantitatifs, le test statistique peut par exemple reposer sur une PPDS unilatérale, s'il y a une variété candidate, ou sur un test de comparaisons multiples, s'il y a plus d'une variété candidate dans l'essai en culture. Un test du Khi carré ou un test exact de Fisher peut être utilisé pour les caractères pseudo-qualitatifs qualitatifs lorsqu'il est satisfait aux critères d'application de ces tests. Bien qu'ils soient surtout utiles dans les essais de variétés allogames, ces tests peuvent également être appliqués aux variétés autogames et multipliées par voie végétative à condition qu'il soit satisfait aux critères pertinents.

7.2.3 La méthode Match s'applique normalement à des essais à échelle relativement réduite où le nombre de variétés est limité aux variétés candidates et aux variétés notoirement connues les plus proches.

8. LA MÉTHODE D'ÉVALUATION DE L'HOMOGENÉITÉ FONDÉE SUR LES HORS-TYPES

8.1 Norme de population déterminée

8.1.1 *Introduction*

La section 4 du document TGP/10 donne des conseils sur le moment considéré comme approprié pour utiliser la méthode d'évaluation de l'homogénéité fondée sur les plantes hors-type, utilisant pour ce faire une norme de population déterminée. Elle donne également des conseils sur la détermination des détails relatifs aux cultures comme la taille de l'échantillon et le nombre acceptable de plantes hors-type. Elle décrit par ailleurs la méthode fondée sur les plantes hors-type dans les perspectives suivantes :

- Utilisation de la méthode de l'évaluation de l'homogénéité pratiquée sur une plante cultivée.
- Questions à examiner lorsqu'on décide des détails relatifs aux cultures pour évaluer l'homogénéité d'une culture au moyen de la méthode des plantes hors-type. Ces détails comprennent la taille de l'échantillon, le nombre acceptable de plantes hors-type, la question de savoir s'il faut procéder à un examen dans plus d'un an et celle de savoir s'il faut utiliser l'examen séquentiel.

8.1.2 *La méthode de l'évaluation de l'homogénéité pratiquée sur une plante cultivée*

8.1.2.1 Pour utiliser la méthode d'évaluation de l'homogénéité d'une culture, les détails ci-après relatifs à la culture sont soit tirés des principes directeurs d'examen de l'UPOV soit arrêtés sur la base des données d'expérience, en particulier par rapport à d'autres principes directeurs d'examen de l'UPOV pour des types de variété comparables :

- une taille d'échantillon, p. ex. 100 plantes
- un nombre maximal de plantes aberrantes tolérées dans l'échantillon, p. ex. 3
- une norme de population déterminée, p. ex. 1%
- et une probabilité d'acceptation, p. ex. au moins 95%

8.1.2.2 Ensuite, on prélève un échantillon de la taille correcte de plantes de la variété candidate et on compte le nombre de plantes hors-type. Si ce nombre est inférieur ou égal au nombre maximum toléré, la variété est acceptée comme homogène. Dans le cas contraire, elle est rejetée comme hétérogène. Lorsqu'on prend ces décisions, on peut faire deux erreurs statistiques. Les risques de commettre ces erreurs sont contrôlés par le choix de la taille de l'échantillon et le nombre maximum toléré de plantes hors-type.

8.1.2.3 La norme de population déterminée ou "norme de population" est le pourcentage maximal de plantes hors-type qui serait autorisé si tous les individus de la variété pouvaient être examinés. Dans l'exemple ci-dessus, elle est de 1%. Les variétés dont la norme de population des plantes hors-type est plus faible sont homogènes et celles dont la norme de population est plus élevée sont hétérogènes. Ceci étant, les individus de la variété ne peuvent pas tous être examinés et il faut donc se contenter d'en examiner un échantillon.

8.1.2.4 Prenons une variété qui, si tous les individus de la variété ont été examinés, n'aurait pas davantage que la norme de population des plantes hors-type. Lorsqu'on prélève un échantillon, on peut obtenir deux résultats. Soit l'échantillon ne contient pas plus que le nombre maximum toléré de plantes hors-type, cas dans lequel la variété est acceptée comme homogène, soit il en contient plus et la variété est alors rejetée. Dans ce dernier cas, une erreur statistique appelée "erreur de type I" aurait été commise. La probabilité d'accepter cette variété et celle de commettre une erreur de type I sont liées comme suit :

$$\text{"probabilité d'acceptation"} + \text{"probabilité de commettre une erreur de type I"} = 100\%$$

8.1.2.5 Les possibilités d'accepter ou de rejeter une variété sur la base d'un échantillon dépendent de la taille de l'échantillon, du nombre maximum toléré des plantes hors-type et du pourcentage de ces plantes qui serait trouvé si tous les individus de la variété étaient examinés. La taille de l'échantillon et le nombre maximum toléré de plantes hors-type sont choisis de manière à satisfaire la "probabilité d'acceptation", qui est la probabilité minimale d'acceptation d'une variété se trouvant dans la norme de population en ce qui concerne des plantes hors-type. Par conséquent, dans le cas de l'exemple ci-dessus, on a choisi la taille de l'échantillon

et le nombre maximum de plantes hors-type pour avoir au moins une probabilité d'acceptation à 95% d'une variété qui, si tous les individus de la variété étaient examinés, aurait 1% de plantes hors-type.

8.1.2.6 Pour vérifier la taille de l'échantillon et le nombre maximum de plantes hors-type dans l'exemple ci-dessus, le lecteur est invité à consulter le tableau A, qui considère la table 5 et la figure 5 comme appropriées pour une norme de population de 1% et une probabilité d'acceptation de $\geq 95\%$. S'agissant de la table 5, le lecteur verra qu'un échantillon de 100 (entre 83 et 137) et un nombre maximum de 3 plantes hors-type donneront une probabilité d'acceptation de $> 95\%$ pour une norme de population de 1%. La figure 5 donne quant à elle de plus amples détails : la plus faible des quatre traces donne la probabilité d'une erreur de type I pour les différentes tailles de l'échantillon et le nombre maximum de plantes hors-type dont la liste figure dans la table 5. Par conséquent, pour une norme de population de 1%, un échantillon de 100 et un nombre maximum de 3 plantes hors-type, la probabilité de commettre une erreur de type I est de 2% de telle sorte que la probabilité d'acceptation sur la base d'un tel échantillon d'une variété ayant la norme de population, c'est-à-dire 1%, de plantes hors-type est de $100\% - 2\% = 98\%$, pourcentage supérieur à la "probabilité d'acceptation" (95%) requise.

8.1.2.7 Il ressort de la figure 5 que, à mesure que la taille de l'échantillon augmente, la probabilité de commettre une erreur de type I augmente et la probabilité d'acceptation d'une variété se trouvant dans la norme de population, c'est-à-dire 1%, des plantes hors-type diminue, jusqu'à ce que cette probabilité devienne trop faible pour satisfaire la "probabilité d'acceptation", et il devient alors nécessaire d'accroître le nombre maximum de plantes hors-type conformément à la table 5.

8.1.2.8 Tout comme une variété se trouvant dans la norme de population ou ayant moins de plantes hors-type peut être soit acceptée soit rejetée (erreur de type I) sur la base d'un échantillon, ainsi peut l'être une variété qui a plus que la norme de population de plantes hors-type. Accepter sur la base d'un échantillon une variété qui a plus que la norme de population de plantes hors-type revient à commettre une erreur appelée "erreur de type II". La probabilité de commettre une telle erreur dépend du degré d'hétérogénéité de la variété. Les trois traces supérieures dans la figure 5 donnent les probabilités de commettre des erreurs de type II pour trois degrés d'hétérogénéité des différentes tailles d'échantillon et des nombres maximum de plantes hors-type dont la liste est donnée dans la table 5. Les trois degrés d'hétérogénéité sont 2, 5 et 10 fois la norme de population. Ils sont représentés par l'extrémité supérieure, intermédiaire et inférieure des trois traces supérieures respectivement. C'est ainsi que, pour un échantillon de 100 et en tolérant un maximum de 3 plantes hors-type, la probabilité d'acceptation d'une variété avec 2% de plantes hors-type est de 86%, celle d'acceptation d'une variété avec 5% de plantes hors-type de 26% et celle d'acceptation d'une variété avec 10% de plantes hors-type de 1%. En général :

- plus grande est l'hétérogénéité, plus petite est la probabilité de commettre une erreur de type II;
- pour un nombre maximum donné de plantes hors-type, au fur et à mesure que la taille de l'échantillon augmente, la probabilité de commettre une erreur de type II diminue; et
- la probabilité de commettre une erreur de type II augmente au fur et à mesure que le nombre maximum de plantes hors-type augmente.

8.1.3 Questions à examiner lorsqu'on décide d'utiliser cette méthode

8.1.3.1 On a vu dans la section précédente que la probabilité d'accepter une variété se trouvant dans la norme de population ou ayant moins de plantes hors-type ou de la rejeter (erreur de type I), et la probabilité d'accepter une variété ayant plus que la norme de population des plantes hors-type (erreur de type II) ou de la rejeter dépendent du choix de la taille de l'échantillon et du nombre maximum toléré de plantes hors-type. Dans le reste de la présente section, on se demande comment ces choix peuvent servir à équilibrer les risques de commettre des erreurs de type I et de type II. Une série d'exemples viendra l'expliquer. Le débat a été élargi pour inclure la situation dans laquelle l'examen se déroule sur plus d'un an, y compris la possibilité d'utiliser l'examen séquentiel afin de minimiser l'effort d'échantillonnage. On donne au lecteur des tables et figures à partir desquelles il peut obtenir les probabilités de commettre des erreurs de type I et de type II pour différentes combinaisons de norme de population et de probabilité d'acceptation. On lui donne également des détails sur la manière de calculer directement les probabilités aussi bien pour les examens effectués sur un an que pour les examens effectués sur deux ou plusieurs années, notamment les examens en deux étapes.

8.1.3.2 Les deux types d'erreur décrits ci-dessus peuvent être résumés dans le tableau suivant :

Décision qui serait prise si toutes les plantes d'une variété pouvaient être examinées	Décision fondée sur le nombre de plantes hors-type dans un échantillon	
	La variété est acceptée comme homogène	La variété est rejetée comme étant hétérogène
La variété est homogène	Même décision	Décision différente, erreur de type I
La variété n'est pas homogène	Décision différente, erreur de type II	Même décision

8.1.3.3 La probabilité de commettre une erreur de type II dépend de la mesure dans laquelle la variété candidate est "hétérogène". Si elle est beaucoup plus hétérogène que la norme de population, la probabilité de commettre une erreur de type II est faible et la probabilité d'acceptation d'une telle variété hétérogène est également faible. Si, au contraire, la variété candidate n'est que légèrement plus hétérogène que la norme, la probabilité de commettre une erreur de type II est élevée. La probabilité d'acceptation se rapprochera d'autant plus de la probabilité d'acceptation que la variété a un niveau d'uniformité de la norme de population.

8.1.3.4 Étant donné que la probabilité de commettre une erreur de type II n'est pas fixe mais dépend de la mesure dans laquelle la variété candidate est "hétérogène", elle peut être calculée pour différents degrés d'hétérogénéité. Comme indiqué ci-dessus, le présent document donne des probabilités de commettre une erreur de type II pour trois degrés d'hétérogénéité : 2, 5 et 10 fois la norme de population.

8.1.3.5 En règle générale, la probabilité de commettre une erreur décroît lorsqu'on augmente la taille de l'échantillon et, inversement, elle s'accroît lorsqu'on diminue la taille de l'échantillon.

8.1.3.6 Pour une taille d'échantillon donnée, il est possible de modifier l'équilibre entre les probabilités de commettre des erreurs de type I et de type II en changeant le nombre de plantes hors-type toléré.

8.1.3.7 Lorsqu'on augmente le nombre de plantes hors-type toléré, la probabilité de commettre une erreur de type I diminue alors que celle de commettre une erreur de type II augmente. De la même façon, lorsque l'on diminue le nombre de plantes hors-type toléré, la probabilité de commettre une erreur de type I augmente alors que la probabilité de commettre une erreur de type II diminue.

8.1.3.8 Si l'on tolère un nombre très élevé de plantes hors-type, on peut ramener à un niveau très faible (presque nul) la probabilité de commettre une erreur de type I, mais la probabilité de commettre une erreur de type II sera par conséquent portée à un niveau élevé (inacceptable). Si l'on tolère uniquement un très faible nombre de plantes hors-type, la probabilité de commettre une erreur de type II sera faible et celle de commettre une erreur de type I élevée (d'un niveau inacceptable). On trouvera ci-dessous des exemples de la procédure consistant à équilibrer les erreurs de type I et de type II en choisissant la taille de l'échantillon et le nombre de plantes hors-type toléré.

8.1.4 Exemples

Exemple 1

8.1.4.1 L'expérience a montré que 1% est une norme raisonnable pour la culture en question. La norme de population est donc de 1%. On suppose aussi qu'il est procédé à un examen unique avec un maximum de

60 plantes. Sur la base des tables pertinentes (choisies pour donner un éventail de probabilités d'acceptation envisagées), les schémas d'échantillonnage ci-après peuvent être appliqués :

Schéma	Taille de l'échantillon	Probabilité d'acceptation visée*	Nombre maximum de plantes hors-type
a	60	90%	2
b	53	90%	1
c	60	95%	2
d	60	99%	3

8.1.4.2 Les probabilités ci-après ont été obtenues pour l'erreur de type I et l'erreur de type II, avec des pourcentages différents de plantes hors-type (ces pourcentages sont appelés P_2 , P_5 et P_{10} et correspondent respectivement à 2, 5 et 10 fois la norme de population).

Schéma	Taille de l'échantillon	Nombre maximum de plantes hors-type	Probabilités d'erreur (%)			
			Type I	Type II		
				$P_2 = 2\%$	$P_5 = 5\%$	$P_{10} = 10\%$
a	60	2	2	88	42	5
b	53	1	10	71	25	3
c	60	2	2	88	42	5
d	60	3	0,3	97	65	14

8.1.4.3 Il ressort du tableau qu'il existe quatre schémas différents qu'il convient d'examiner pour déterminer si l'un d'entre eux peut être utilisé (les schémas a et c sont identiques car il n'existe aucun schéma pour une taille d'échantillon de 60 plantes avec une probabilité d'erreur de type I comprise entre 5% et 10%). S'il est décidé de faire en sorte que la probabilité d'erreur de type I soit très faible (schéma d), la probabilité de commettre une erreur de type II sera très élevée (97, 65 et 14%) pour une variété comportant 2, 5 ou 10% de plantes hors-type, respectivement. On obtient le meilleur équilibre entre les probabilités de commettre les deux types d'erreur en tolérant une plante hors-type dans un échantillon de 53 plantes (schéma b).

Exemple 2

8.1.4.4 Cet exemple porte sur une culture, étant entendu que la norme de population a été fixée à 2% et que le nombre de plantes disponibles pour l'examen n'est que de 6.

8.1.4.5 Sur la base des tables pertinentes, les schémas d'échantillonnage ci-après peuvent être appliqués :

* Voir la section 8.1.9.

Schéma	Taille de l'échantillon	Probabilité d'acceptation	Nombre maximum de plantes hors-type	Probabilité d'erreur (%)			
				Type I	Type II		
					P ₂ = 4%	P ₅ = 10%	P ₁₀ = 20%
a	6	90	1	0.6	98	89	66
b	5	90	0	10	82	59	33
c	6	95	1	0.6	98	89	66
d	6	99	1	0.6	98	89	66
e	6		0	11	78	53	26

8.1.4.6 On obtient le schéma e du tableau en appliquant les formules 1) et 2) décrites plus loin dans le document.

8.1.4.7 Cet exemple illustre les difficultés auxquelles on se heurte lorsque la taille de l'échantillon est très petite. Dans tous les cas de figure, la probabilité d'accepter à tort une variété hétérogène est élevée. Même lorsque les cinq plantes doivent être homogènes pour que la variété puisse être acceptée (schéma b), la probabilité d'accepter une variété comportant 20% de plantes hors-type est encore de 33%.

8.1.4.8 Il est à noter que dans un schéma où les six plantes doivent être homogènes (schéma e), la probabilité d'erreur de type II baisse légèrement mais celle d'erreur de type I passe à 11%.

8.1.4.9 Toutefois, on peut considérer que le schéma e constitue la meilleure solution lorsque six plantes uniquement sont utilisées pour un examen unique portant sur une culture dont la norme de population a été fixée à 2%.

Exemple 3

8.1.4.10 Dans cet exemple, nous reprenons la situation décrite à l'exemple n° 1, mais en partant du principe que les données portent sur deux années. La norme de population est de 1% et l'échantillon comprend 120 plantes (60 plantes par année).

8.1.4.11 Sur la base des tables pertinentes, les schémas et les probabilités ci-après ont été obtenus :

Schéma	Taille de l'échantillon	Probabilité d'acceptation	Nombre maximum de plantes hors-type	Probabilité d'erreur (%)			
				Type I	Type II		
					P ₂ = 2%	P ₅ = 5%	P ₁₀ = 10%
a	120	90	3	3	78	15	<0,1
b	110	90	2	10	62	8	<0,1
c	120	95	3	3	78	15	<0,1
d	120	99	4	0,7	91	28	1

8.1.4.12 Le schéma c, qui prévoit l'acceptation de trois plantes hors-type au total parmi les 120 plantes examinées à l'issue des deux années, permet d'obtenir le meilleur équilibre entre les probabilités de commettre les deux types d'erreur.

8.1.4.13 Autre solution possible : procéder à un examen en deux étapes. Ce type d'examen peut être conduit en utilisant, dans ce cas, les formules 3) et 4) décrites plus loin dans ce document.

8.1.4.14 On obtient les schémas suivants :

Schéma	Taille de l'échantillon	Probabilité d'acceptation	Nombre le plus élevé pour l'acceptation après une année	Nombre le plus élevé avant le rejet en première année	Nombre le plus élevé pour l'acceptation après deux années
e	60	90	jamais accepté	2	3
f	60	95	jamais accepté	2	3
g	60	99	jamais accepté	3	4
h	58	90	1	2	2

8.1.4.15 À l'aide des formules 3), 4) et 5), on obtient les probabilités d'erreur suivantes :

Schéma	Probabilité d'erreur (%)				Probabilité d'examen en deuxième année
	Type I	Type II			
		P ₂ = 2%	P ₅ = 5%	P ₁₀ = 10%	
e	4	75	13	0,1	100
f	4	75	13	0,1	100
g	1	90	27	0,5	100
h	10	62	9	0,3	36

8.1.4.16 Les schémas e et f donnent une probabilité de rejet de 4% d'une variété homogène (erreur de type I) et une probabilité d'acceptation de 13% d'une variété comportant 5% de plantes hors-type (erreur de type II). Les décisions à prendre sont les suivantes :

- Ne jamais accepter la variété après une année
- Plus de deux plantes hors-type en première année : rejeter la variété et arrêter l'examen
- De 0 à 2 (compris) plantes hors-type en première année : procéder à un examen en deuxième année
- Trois plantes hors-type au plus après deux années : accepter la variété
- Plus de trois plantes hors-type après deux années : rejeter la variété.

8.1.4.17 On pourrait aussi opter pour un des schémas a et h. Le schéma g, quant à lui, semble présenter une trop grande probabilité d'erreurs de type II par rapport à celle d'erreur de type I. Par exemple, la probabilité de rejeter une variété homogène (erreur de type I) est de 1% et celle d'accepter une variété avec 5% de plantes hors-type (erreur de type II) de 27%.

8.1.4.18 Le schéma h a l'avantage de permettre, dans de nombreux cas, qu'une décision définitive soit prise à l'issue du premier examen (première année), mais il présente une plus grande probabilité de commettre une erreur de type I. Dans ce cas, la probabilité de rejeter une variété homogène (erreur de type I) est de 1% et celle d'accepter une variété avec 5% de plantes hors-type (erreur de type II) de 9%.

Exemple 4

8.1.4.19 Dans cet exemple, nous partons du principe que la norme de population est de 3% et que nous disposons de huit plantes pour chacune des deux années.

8.1.4.20 Sur la base des tables pertinentes, nous obtenons les schémas suivants :

Schéma	Taille de l'échantillon	Probabilité d'acceptation	Nombre maximum de plantes hors-type	Probabilité d'erreur (%)			
				Type I	Type II		
					P ₂ = 6%	P ₅ = 15%	P ₁₀ = 30%
a	16	90	1	8	78	28	3
b	16	95	2	1	93	56	10
c	16	99	3	0,1	99	79	25

8.1.4.21 Le schéma a permet d'obtenir le meilleur équilibre entre les probabilités de commettre les deux types d'erreur.

8.1.4.22 On peut utiliser le logiciel "seedcalc" de l'Association internationale d'essais de semences (ISTA) "seedcalc" pour calculer les erreurs de type I et de type II. Il est possible de se procurer ce logiciel à l'adresse suivante : http://www.seedtest.org/en/stats_tool_box_content---1--1143.html

8.1.5 Introduction aux tables et figures

8.1.5.1 Dans la section des TABLES ET FIGURES (section 8.1.10 de la deuxième partie), il y a sept paires de tables et figures qui correspondent à différentes combinaisons de norme de population et de probabilité d'acceptation. Elles doivent être appliquées à un examen hors-type unique. On trouvera ci-dessous un tableau récapitulatif (tableau A) de ces tables et figures.

8.1.5.2 Chaque table donne le nombre maximum de plantes hors-type (k) avec les fourchettes correspondantes des tailles d'échantillon (n) pour la norme de population et la probabilité d'acceptation données. C'est ainsi par exemple que, dans la table 1 (norme de population de 10%, probabilité d'acceptation ≥ 95), pour un maximum de 2 plantes hors-type, la taille de l'échantillon correspondant (n) se trouve dans la fourchette de 11 à 22. De même, si le nombre maximum de plantes hors-type (k) est de 10, la taille de l'échantillon correspondant (n) à utiliser doit s'inscrire dans la fourchette de 126 à 141.

8.1.5.3 Pour les échantillons de petite taille, la même information est donnée sous la forme d'un graphique dans les figures correspondantes 1 à 7; le risque effectif de rejeter une variété homogène et la probabilité d'acceptation d'une variété comportant une proportion réelle de plantes hors-type deux fois (2P), cinq fois (5P) ou 10 fois (10P) supérieure à la norme de population sont aussi indiqués. (Pour faciliter la lecture des figures, les risques correspondant aux diverses tailles d'échantillon sont reliés par des lignes, bien que la probabilité ne puisse être calculée que pour chaque nombre entier correspondant à la taille d'échantillon).

Tableau A. Tableau récapitulatif des tables et figures 1 à 7.

Norme de population %	Probabilité d'acceptation %	Voir la table et la figure n°
10	>95	1
5	>95	2
3	>95	3
2	>95	4
1	>95	5
0,5	>95	6
0,1	>95	7

8.1.5.4 Pour utiliser les tables, la méthode suivante est proposée :

- a) Choisir la norme de population pertinente;
- b) Choisir le schéma de décision qui permet d'obtenir le meilleur équilibre entre les probabilités d'erreur.

8.1.5.5 L'utilisation des tables et des figures est décrite dans la partie réservée aux exemples.

8.1.6 Méthodes pour un essai unique

En liaison avec les calculs mathématiques, qui sont fondés sur la distribution binomiale, les termes suivants sont couramment utilisés :

- (a) La "norme de population" est le pourcentage de plantes hors-type qui doivent être acceptées dans un cas particulier; elle est symbolisée par la lettre P;
- (b) La "probabilité d'acceptation" est la probabilité d'accepter une variété comportant P% de plantes hors-type. Étant donné toutefois que le nombre de plantes hors-type est un nombre entier, la probabilité effective d'accepter une variété homogène varie avec la taille de l'échantillon mais sera toujours supérieure ou égale à la "probabilité d'acceptation". Cette probabilité d'acceptation est habituellement exprimée par $100 - \alpha$ où α représente la probabilité en pourcentage de rejeter une variété comportant P% de plantes hors-type (c'est-à-dire la probabilité d'erreur de type I). Dans la pratique, de nombreuses variétés comportent moins de P% de plantes hors-type, de sorte que le risque d'erreur de type I sera inférieur à α pour ces variétés;
- (c) Le nombre de plantes examinées dans un échantillon aléatoire est la taille de l'échantillon représentatif examiné; elle est symbolisée par la lettre n.
- (d) Le nombre maximum de plantes hors-type tolérées dans un échantillon représentatif de taille n est symbolisé par la lettre k;

(e) La probabilité d'acceptation d'une variété avec plus de P% hors-type, disons P_q% de plantes hors-type, est symbolisée par la lettre β ou par β_q;

(f) Les formules mathématiques permettant de calculer les probabilités sont les suivantes :

$$\alpha = 100 - 100 \sum_{i=0}^k \binom{n}{i} P^i (1-P)^{n-i} \quad (1)$$

$$\beta_q = 100 \sum_{i=0}^k \binom{n}{i} P_q^i (1-P_q)^{n-i} \quad (2)$$

P et P_q sont exprimés ici sous forme non fractionnaire, c'est-à-dire en pourcentages divisés par 100.

8.1.7 Méthode au-delà d'un essai unique (année)

8.1.7.1 Des orientations sur l'évaluation de l'homogénéité d'après les plantes hors-type sur la base de plusieurs cycles de végétation ou sur la base de sous-échantillons dans le cadre d'un seul examen/essai figurent dans le document TGP/10 "Examen de l'homogénéité".

(a) prendre une décision après deux (ou trois) années sur la base du nombre total de plantes examinées

8.1.8 Note sur l'équilibrage des erreurs de type I et de type II

8.1.8.1 Le nombre de plantes hors-type étant un nombre entier, les erreurs de type I ne peuvent généralement pas correspondre à un chiffre rond prédéterminé. Le schéma a de l'exemple 2 avec six plantes a montré que la valeur de α ne peut pas être égale à 10%, sa valeur effective étant de 0,6%. Si l'on augmente la taille de l'échantillon, les valeurs respectives de α et de β varient elles aussi. La figure 3, par exemple, montre que α se rapproche de ses valeurs nominales à certaines tailles d'échantillon et que, à ces mêmes tailles, les valeurs de β sont relativement faibles.

8.1.8.2 Des tailles d'échantillon plus grandes sont en général avantageuses. Avec la même probabilité d'acceptation, la probabilité de commettre des erreurs de type II sera sans doute proportionnellement moindre. Les petits échantillons créent des probabilités élevées d'acceptation de variétés hétérogènes. La taille de l'échantillon doit donc être choisie pour donner un faible niveau acceptable d'erreurs de type II. Toutefois, il n'est pas toujours avantageux d'augmenter légèrement la taille de l'échantillon. Ainsi, avec un échantillon de cinq plantes, α = 10% et β₂ = 82% alors que, avec un échantillon de six plantes, α = 0,6% et β₂ = 98%. Les tailles d'échantillon pour lesquelles les valeurs α correspondent le mieux à la probabilité d'acceptation sont celles qui se rapprochent le plus de la borne supérieure dans l'intervalle des tailles d'échantillon pour un maximum spécifié de plantes hors-type. Par conséquent, il convient d'utiliser les tailles d'échantillon les plus proches de la borne supérieure dans l'intervalle des tailles d'échantillon.

8.1.9 Définition des termes et symboles statistiques

Les termes et symboles statistiques utilisés ont les définitions suivantes :

Norme de population : pourcentage de plantes hors-type jugé comme acceptable si tous les individus d'une variété pouvaient être examinés. La norme de population est fixée pour la culture en question sur la base de l'expérience acquise.

Probabilité d'acceptation : probabilité d'acceptation d'une variété homogène comportant P% de plantes hors-type, P étant la norme de population. À noter toutefois que la probabilité réelle d'acceptation d'une variété homogène sera toujours supérieure ou égale à la probabilité d'acceptation indiquée dans le titre des tables et figures. La probabilité réelle d'acceptation d'une variété homogène et la probabilité d'une erreur de type I sont de 100%. Par exemple, si l'erreur de type I est de 4%, alors la probabilité d'acceptation d'une variété homogène est 100 - 4 = 96%, voir par exemple la figure 1 pour n=50). L'erreur de type I est indiquée sur le graphique dans les figures par les pics en dent-de-scie entre 0 et la limite supérieure d'erreur de type I (par exemple 10 sur la figure 1). Les schémas de décision sont définis de telle sorte que la probabilité réelle d'acceptation d'une variété homogène est toujours supérieure ou égale à la probabilité d'acceptation indiquée dans le titre de la table.

Erreur de type I : rejet à tort d'une variété homogène.

Erreur de type II : acceptation à tort d'une variété trop hétérogène.

P : norme de population.

P_q : pourcentage de plantes hors-type dans une variété hétérogène considéré comme ex. $P_q = q P$.

Dans le présent document, q est égal à 2, 5 ou 10. Ceux-ci sont seulement 3 exemples pour aider à la visualisation d'erreurs de type II. Le pourcentage réel de plantes hors-type dans une variété peut correspondre à toute valeur. On peut par exemple examiner différentes variétés qui auront respectivement 1,6%, 3,8%, 0,2%,... de plantes hors-type.

n	Taille de l'échantillon
k	Nombre maximum de plantes hors-type tolérées
α	Probabilité d'erreur de type I
β	Probabilité d'erreur de type II

8.1.10 Tables et figures

Table et figure 1 : Norme de population = 10%
Probabilité d'acceptation $\geq 95\%$
n=taille de l'échantillon, k=nombre maximum de plantes hors-type

	n	k
1	à 3	1
4	à 8	2
9	à 14	3
15	à 20	4
21	à 27	5
28	à 34	6
35	à 41	7
42	à 48	8
49	à 56	9
57	à 63	10
64	à 71	11
72	à 79	12
80	à 86	13
87	à 94	14
95	à 102	15
103	à 110	16
111	à 119	17
120	à 127	18
128	à 135	19
136	à 143	20
144	à 152	21
153	à 160	22
161	à 168	23
169	à 177	24
178	à 185	25
186	à 194	26
195	à 200	27

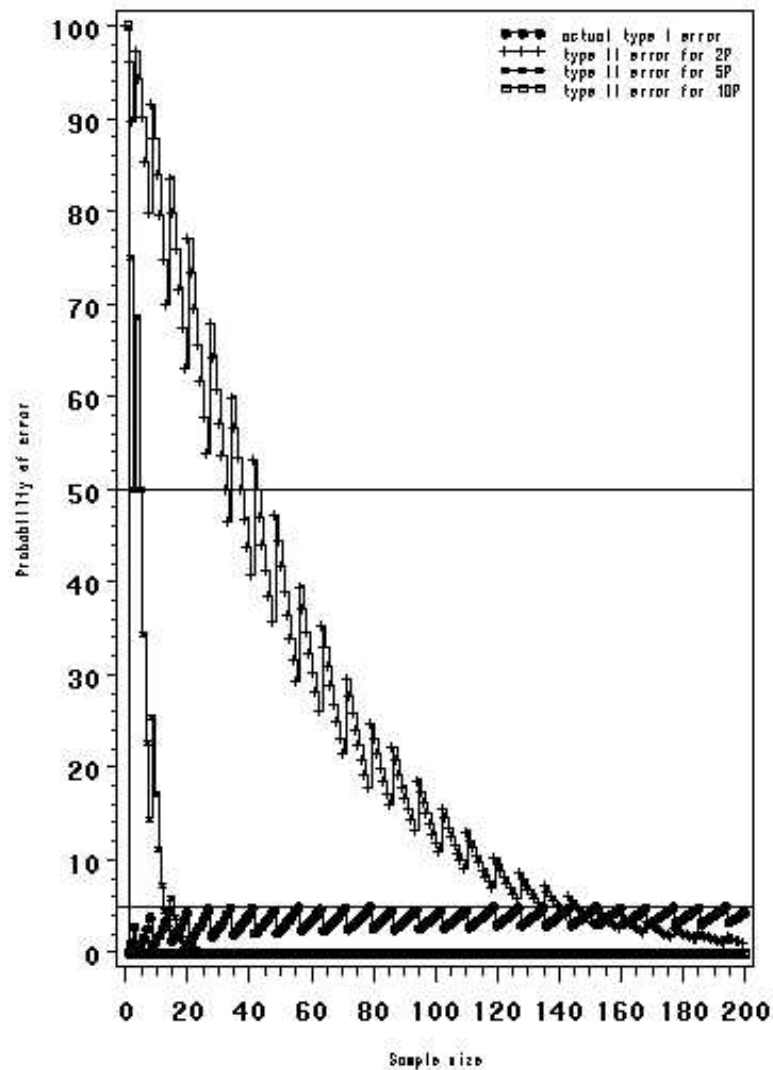


Table et figure 2 : Norme de population = 5%
Probabilité d'acceptation $\geq 95\%$
n=taille de l'échantillon, k=nombre maximum de plantes hors-type

	n	k
1	à 1	0
2	à 7	1
8	à 16	2
17	à 28	3
29	à 40	4
41	à 53	5
54	à 67	6
68	à 81	7
82	à 95	8
96	à 110	9
111	à 125	10
126	à 140	11
141	à 155	12
156	à 171	13
172	à 187	14
188	à 203	15
204	à 219	16
220	à 235	17
236	à 251	18
252	à 268	19
269	à 284	20
285	à 300	21
301	à 317	22
318	à 334	23
335	à 351	24
352	à 367	25
368	à 384	26
385	à 401	27
402	à 418	28
419	à 435	29
436	à 452	30
453	à 469	31
470	à 487	32
488	à 504	33
505	à 521	34
522	à 538	35
539	à 556	36
557	à 573	37
574	à 590	38
591	à 608	39
609	à 625	40
626	à 643	41
644	à 660	42
661	à 678	43
679	à 696	44
697	à 713	45
714	à 731	46
732	à 748	47
749	à 766	48
767	à 784	49
785	à 802	50
803	à 819	51
820	à 837	52
838	à 855	53
856	à 873	54
874	à 891	55
892	à 909	56
910	à 926	57
927	à 944	58
945	à 962	59
963	à 980	60
981	à 998	61

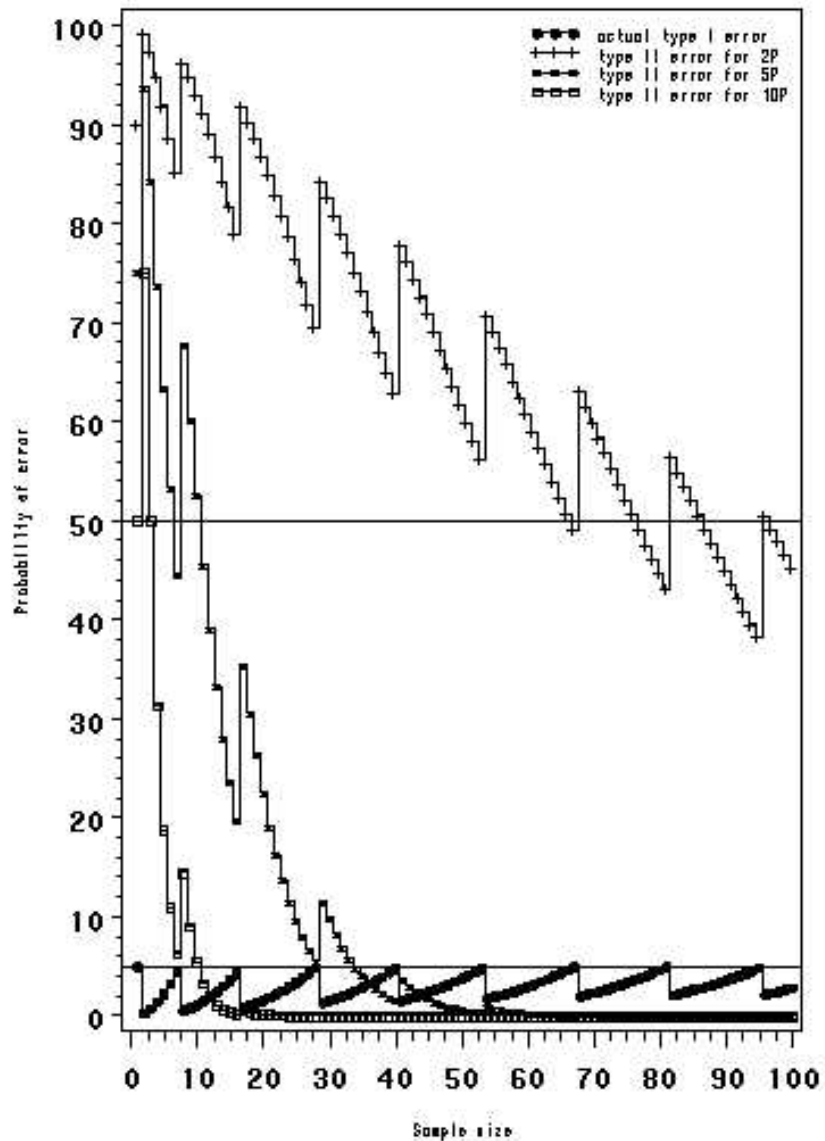


Table et figure 3 : Norme de population = 3%
Probabilité d'acceptation $\geq 95\%$
n=taille de l'échantillon, k=nombre maximum de plantes hors-type

1	à	1	k
2	à	12	0
13	à	27	1
28	à	46	2
47	à	66	3
67	à	88	4
89	à	110	5
111	à	134	6
135	à	158	7
159	à	182	8
183	à	207	9
208	à	232	10
233	à	258	11
259	à	284	12
285	à	310	13
311	à	337	14
338	à	363	15
364	à	390	16
391	à	417	17
418	à	444	18
445	à	472	19
473	à	499	20
500	à	527	21
528	à	554	22
555	à	582	23
583	à	610	24
611	à	638	25
639	à	666	26
667	à	695	27
696	à	723	28
724	à	751	29
752	à	780	30
781	à	809	31
810	à	837	32
838	à	866	33
867	à	895	34
896	à	924	35
925	à	952	36
953	à	981	37
982	à	1010	38
1011	à	1040	39
1041	à	1069	40
1070	à	1098	41
1099	à	1127	42
1128	à	1156	43
1157	à	1186	44
1187	à	1215	45
1216	à	1244	46
1245	à	1274	47
1275	à	1303	48
1304	à	1333	49
1334	à	1362	50
1363	à	1392	51
1393	à	1422	52
1423	à	1451	53
1452	à	1481	54
1482	à	1511	55
1512	à	1541	56
1542	à	1570	57
1571	à	1600	58
1601	à	1630	59
1631	à	1660	60
1661	à	1690	61
1691	à	1720	62
1721	à	1750	63
1751	à	1780	64
1781	à	1810	65
1811	à	1840	66
1841	à	1870	67
1871	à	1900	68

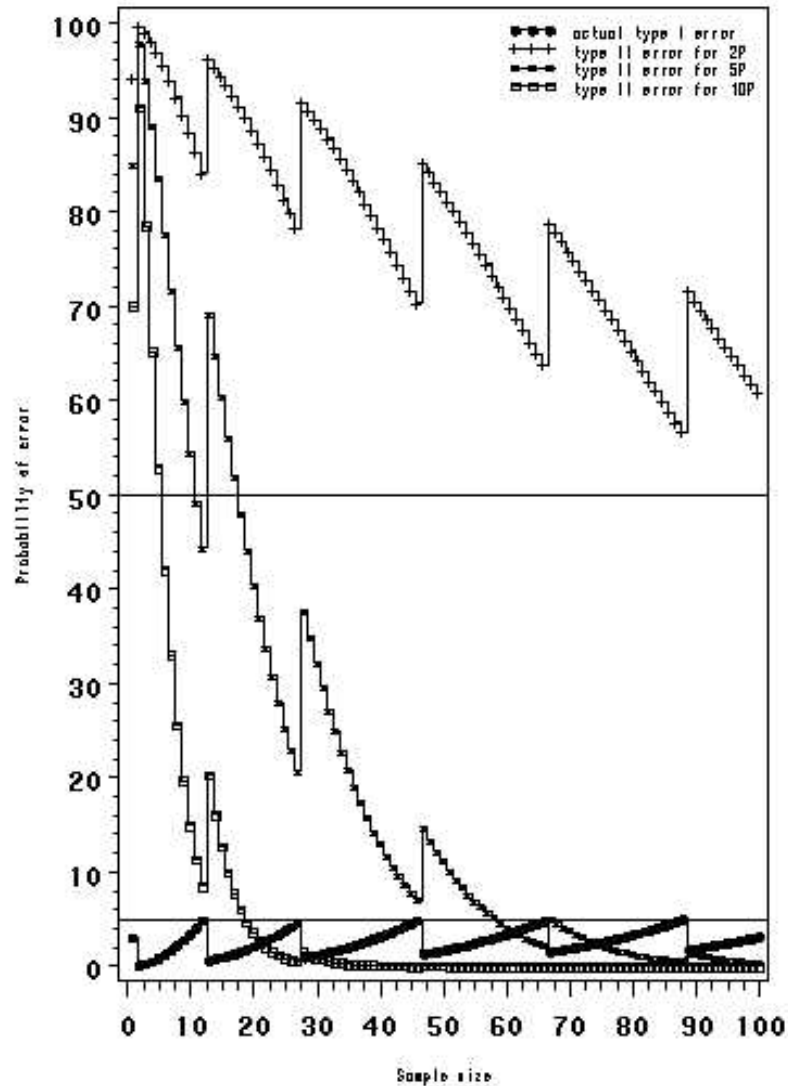


Table et figure 4 : Norme de population = 2%
Probabilité d'acceptation $\geq 95\%$
n=taille de l'échantillon, k=nombre maximum de plantes hors-type

	n	k
1	à 2	0
3	à 18	1
19	à 41	2
42	à 69	3
70	à 99	4
100	à 131	5
132	à 165	6
166	à 200	7
201	à 236	8
237	à 273	9
274	à 310	10
311	à 348	11
349	à 386	12
387	à 425	13
426	à 464	14
465	à 504	15
505	à 544	16
545	à 584	17
585	à 624	18
625	à 665	19
666	à 706	20
707	à 747	21
748	à 789	22
790	à 830	23
831	à 872	24
873	à 914	25
915	à 956	26
957	à 998	27
999	à 1040	28
1041	à 1083	29
1084	à 1126	30
1127	à 1168	31
1169	à 1211	32
1212	à 1254	33
1255	à 1297	34
1298	à 1340	35
1341	à 1383	36
1384	à 1427	37
1428	à 1470	38
1471	à 1514	39
1515	à 1557	40
1558	à 1601	41
1602	à 1645	42
1646	à 1689	43
1690	à 1732	44
1733	à 1776	45
1777	à 1820	46
1821	à 1864	47
1865	à 1909	48
1910	à 1953	49
1954	à 1997	50
1998	à 2000	51

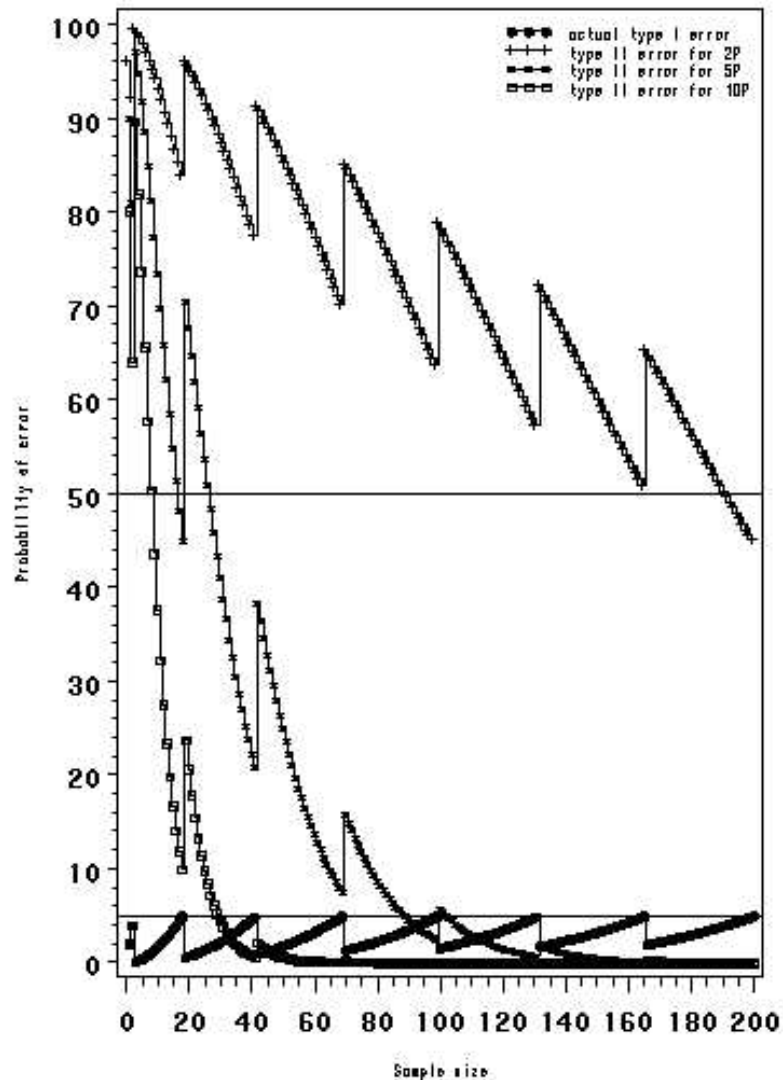


Table et figure 5 : Norme de population = 1%
Probabilité d'acceptation $\geq 95\%$
n=taille de l'échantillon, k=nombre maximum de plantes hors-type

	n	k
1	à 5	0
6	à 35	1
36	à 82	2
83	à 137	3
138	à 198	4
199	à 262	5
263	à 329	6
330	à 399	7
400	à 471	8
472	à 544	9
545	à 618	10
619	à 694	11
695	à 771	12
772	à 848	13
849	à 927	14
928	à 1006	15
1007	à 1085	16
1086	à 1166	17
1167	à 1246	18
1247	à 1328	19
1329	à 1410	20
1411	à 1492	21
1493	à 1575	22
1576	à 1658	23
1659	à 1741	24
1742	à 1825	25
1826	à 1909	26
1910	à 1993	27
1994	à 2078	28
2079	à 2163	29
2164	à 2248	30
2249	à 2333	31
2334	à 2419	32
2420	à 2505	33
2506	à 2591	34
2592	à 2677	35
2678	à 2763	36
2764	à 2850	37
2851	à 2937	38
2938	à 3000	39

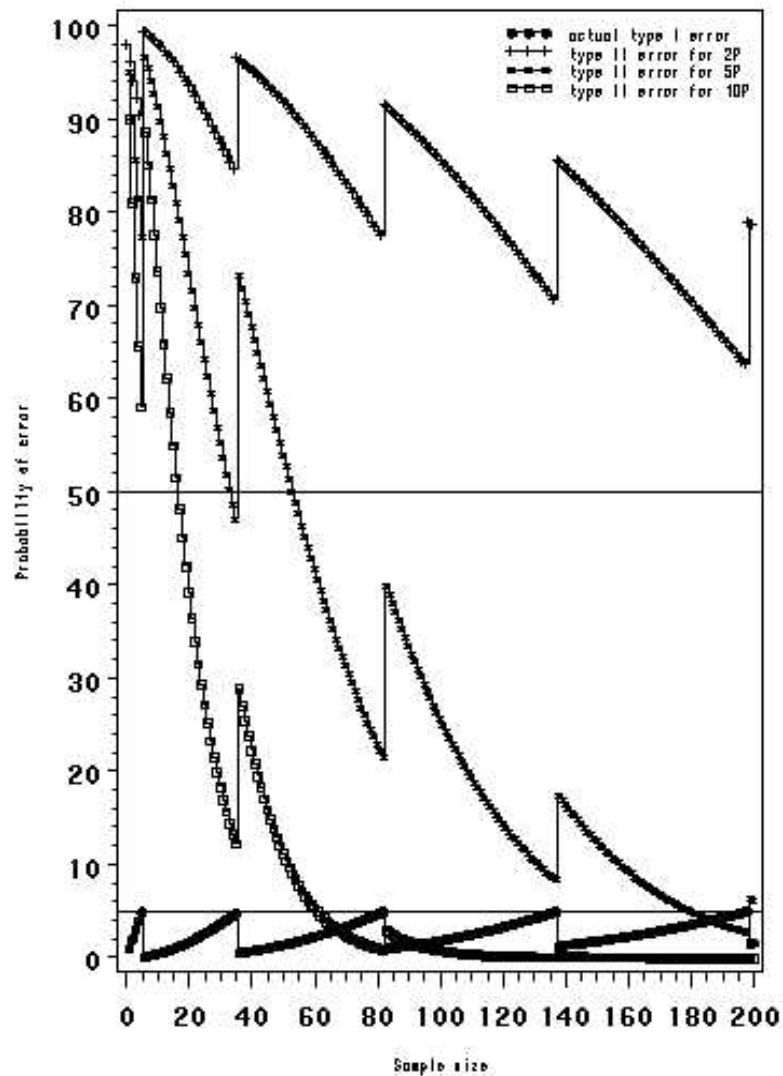


Table et figure 6 : Norme de population = 0,5%
Probabilité d'acceptation $\geq 95\%$
n=taille de l'échantillon, k=nombre maximum de plantes hors-type

	n	k
1	à 10	0
11	à 71	1
72	à 164	2
165	à 274	3
275	à 395	4
396	à 523	5
524	à 658	6
659	à 797	7
798	à 940	8
941	à 1086	9
1087	à 1235	10
1236	à 1386	11
1387	à 1540	12
1541	à 1695	13
1696	à 1851	14
1852	à 2009	15
2010	à 2169	16
2170	à 2329	17
2330	à 2491	18
2492	à 2653	19
2654	à 2817	20
2818	à 2981	21
2982	à 3000	22

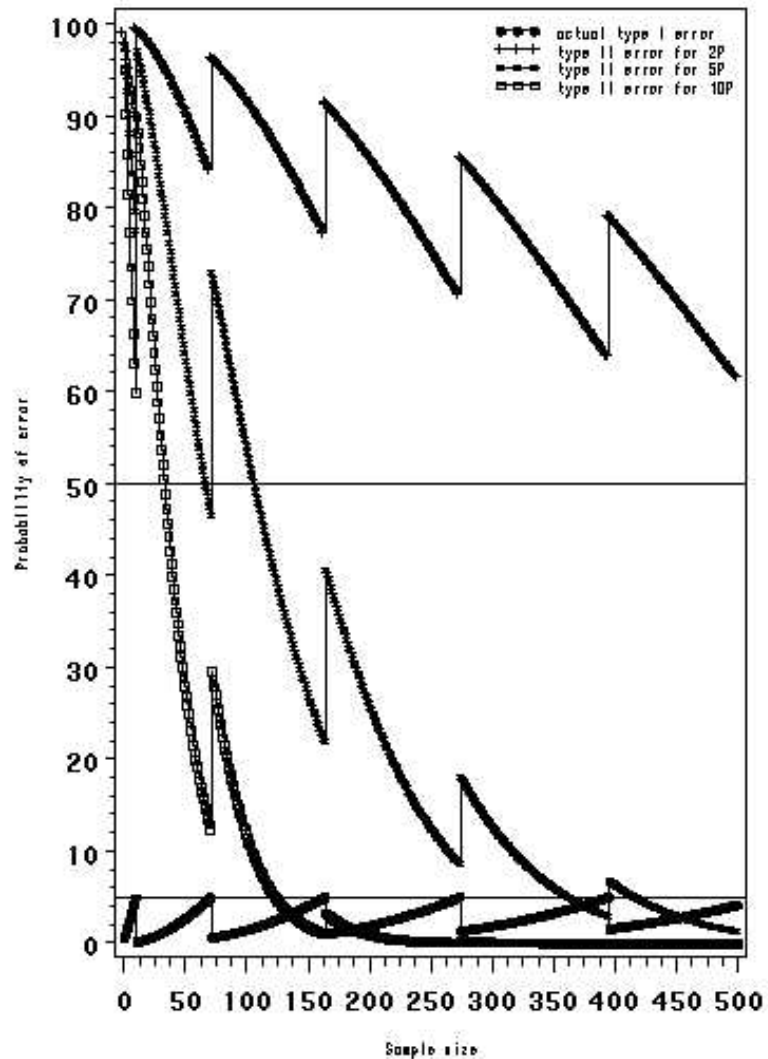
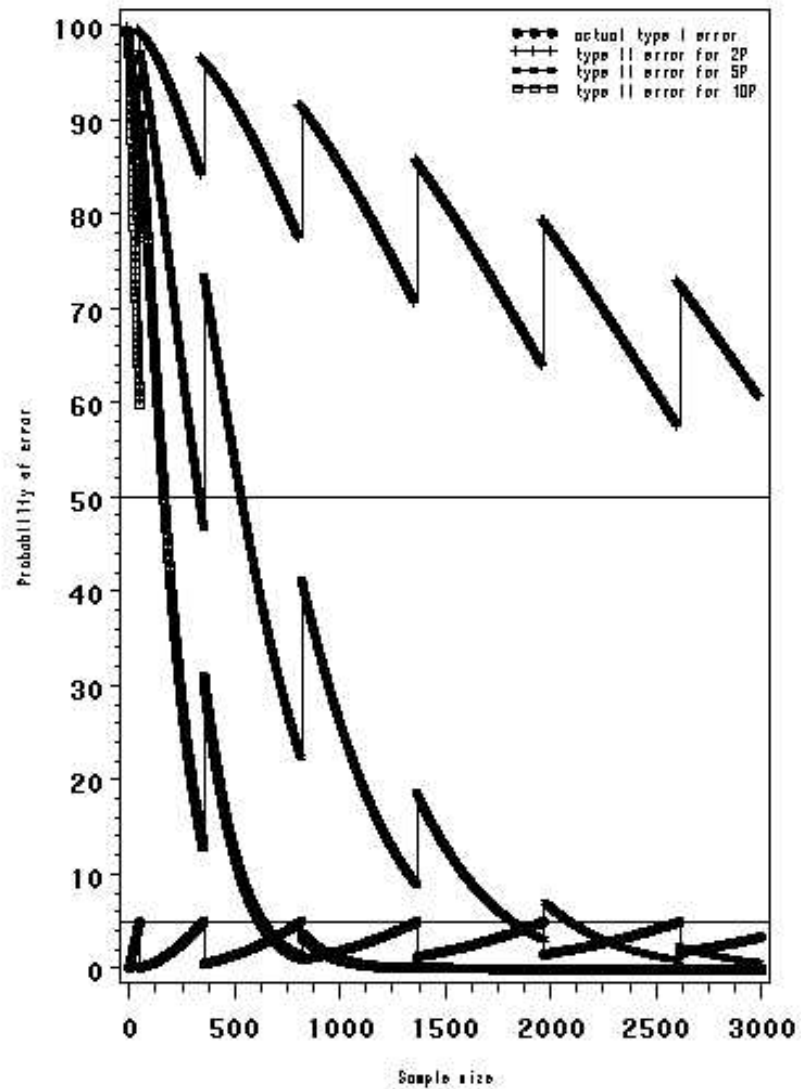


Table et figure 7 : Norme de population = 0,1%
Probabilité d'acceptation $\geq 95\%$
n=taille de l'échantillon, k=nombre maximum de plantes hors-type

	n	k
1	à 51	0
52	à 355	1
356	à 818	2
819	à 1367	3
1368	à 1971	4
1972	à 2614	5
2615	à 3000	6



9. ANALYSE GLOBALE DE L'HOMOGENÉITÉ SUR PLUSIEURS ANNÉES (MÉTHODE D'ANALYSE COYU)

9.1 Récapitulatif des critères d'utilisation de l'analyse

- pour les caractères quantitatifs;
- quand les observations sont réalisées plante par plante sur deux ou plusieurs années;
- quand les plantes d'une variété donnée présentent des différences, constituant une variation quantitative plutôt que la présence de plantes hors-type.
- Il est recommandé d'avoir au moins 20 degrés de liberté pour l'estimation de la variance des variétés comparables formée dans l'analyse COYU.

Par "variétés comparables" on entend des variétés du même type au sein de la même espèce ou d'espèces voisines qui ont déjà été examinées et jugées suffisamment uniformes (voir la section 5.2 "Déterminer le niveau acceptable de variation" du document TGP/10).

9.2 Résumé

9.2.1 Le document TGP/10 explique que, lorsque la méthode fondée sur les plantes hors-type ne se prête pas à l'évaluation de l'homogénéité, on peut utiliser la méthode fondée sur les écarts types. S'agissant de la détermination du degré de variation admissible, il explique par ailleurs ce qui suit :

"5.2 Détermination du degré de variation admissible

"5.2.1 La comparaison entre une variété candidate et des variétés comparables est réalisée sur la base d'écarts types, calculés à partir d'observations portant sur différentes plantes. 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'écarts types, calculés à partir d'observations effectuées sur différentes plantes. Avec la méthode d'analyse COYU, un seuil de tolérance est calculé sur la base des variétés comparables déjà connues c'est-à-dire que l'homogénéité est évaluée à partir d'un seuil de tolérance relatif fondé sur des variétés comprises dans le même essai présentant une expression des caractères comparable".

9.2.2 L'homogénéité est souvent liée au niveau d'expression du caractère. Dans certaines espèces, par exemple, les variétés à grandes plantes tendent à être moins homogènes que celles à petites plantes. Si on applique une norme d'homogénéité fixe à toutes les variétés, il est possible que certaines d'entre elles doivent satisfaire à des critères très stricts alors que tel ne sera pas le cas pour d'autres. L'analyse pluriannuelle de l'homogénéité (COYU) traite ce problème au moyen d'un ajustement destiné à tenir compte de la relation qui existe entre, d'une part, l'homogénéité mesurée au moyen de l'écart type de plante à plante et, d'autre part, l'expression du caractère mesurée à l'aide de la moyenne variétale, avant d'établir une norme.

9.2.3 Cette méthode suppose un classement des variétés comparables et des variétés candidates, selon la valeur moyenne du caractère. On prend alors l'écart type de chaque variété et l'on soustrait l'écart type moyen des variétés les plus proches, c'est-à-dire de celles qui lui sont le plus proches. Cela donne, pour chaque variété, la mesure de son homogénéité par rapport à celle de variétés comparables. Cela donne, pour chaque variété, la mesure de son homogénéité par rapport à celle de variétés comparables. L'expression "variétés comparables" se réfère ici aux variétés établies qui figurent dans l'essai en culture et qui ont une expression comparable des caractères à l'examen.

9.2.4 Les résultats pour chaque année sont combinés dans une table variété/année d'écarts types ajustés et l'analyse de variance est utilisée. L'écart type moyen ajusté pour la variété candidate est comparé à la moyenne des variétés comparables selon un test t classique.

9.2.5 L'analyse COYU consiste en fait à comparer l'homogénéité d'une variété candidate à celle des variétés comparables les plus proches pour le caractère faisant l'objet de l'évaluation. Cette méthode présente deux principaux avantages : toutes les variétés peuvent être comparées sur la même base et les informations sur plusieurs années d'examen peuvent être combinées en un seul et unique critère.

9.3 Introduction

9.3.1 On évalue parfois l'homogénéité en mesurant différents caractères puis en calculant l'écart type des mesures effectuées sur des plantes individuelles au sein d'une parcelle. On fait ensuite la moyenne des écarts types de toutes les répétitions afin d'obtenir une mesure unique de l'homogénéité pour chaque variété à l'examen.

9.3.2 La présente section décrit une procédure appelée analyse pluriannuelle de l'homogénéité (COYU) qui évalue l'homogénéité d'une variété par rapport à celle de variétés comparables fondée sur les écarts types d'essais effectués sur plusieurs années. L'une des particularités de cette méthode est qu'elle tient compte des rapports qui peuvent exister entre le niveau d'expression d'un caractère et son homogénéité.

9.3.3 La présente section décrit :

- les principes sur lesquels repose l'analyse COYU;
- les recommandations de l'UPOV sur l'application de cette analyse aux espèces prises individuellement;
- les détails mathématiques de l'analyse avec un exemple de son application;
- Le logiciel disponible pour appliquer la méthode.

9.4 Analyse COYU

9.4.1 L'utilisation de l'analyse COYU fait intervenir plusieurs étapes (voir ci-dessous) qui sont appliquées à tour de rôle à chacun des caractères. On en trouvera des détails dans la section 8.6 de la deuxième partie.

- Calcul des écarts types intraparcelle pour chaque variété tous les ans.
- Transformation des écarts types en ajoutant 1 et en convertissant en logarithmes naturels.
- Estimation de la corrélation entre l'écart type et la moyenne tous les ans. La méthode utilisée repose sur des moyennes mobiles du log des écarts type des variétés comparables ordonnée par leurs moyennes.
- Ajustements du log des écarts types des variétés candidates et comparables fondés sur la corrélation estimée entre l'écart type et la moyenne tous les ans.
- Établissement de la moyenne du log des écarts type ajusté sur plusieurs années.
- Calcul de l'écart type maximum toléré (le critère d'homogénéité). On utilise une estimation de la variabilité de l'homogénéité des variétés comparables issue de l'analyse de variance de la table variété/année du log des écarts types ajusté.
- Comparaison du log des écarts types ajusté des variétés candidates avec l'écart type maximum toléré.

9.4.2 Les avantages de l'analyse COYU sont les suivants :

- elle fournit une méthode d'évaluation de l'homogénéité qui est largement indépendante des variétés à l'examen;

- elle combine les informations issues de plusieurs essais en une seule et même analyse d'homogénéité;
- les décisions fondées sur l'analyse seront probablement stables dans le temps;
- le modèle statistique sur lequel elle repose tient compte des principales sources de variation qui influent sur l'homogénéité;
- les normes reposent sur l'homogénéité des variétés comparables.

9.5 Utilisation de l'analyse COYU

9.5.1 L'analyse COYU est recommandée pour évaluer l'homogénéité des variétés :

- pour ce qui est des caractères quantitatifs;
- quand les observations sont réalisées plante par plante (ou parcelle par parcelle) sur deux ou plusieurs années;
- quand les plantes d'une variété donnée présentent des différences, représentant une variation quantitative plutôt que la présence de plantes hors-type.

9.5.2 Une variété est considérée comme homogène pour un caractère si son log moyen ajusté d'écart type ne dépasse pas le critère d'homogénéité.

9.5.3 Le niveau de probabilité "p" utilisé pour déterminer le critère d'homogénéité dépend de la culture. Les niveaux de probabilité recommandés figurent dans la section 9.11.

9.5.4 L'examen d'homogénéité peut se dérouler sur deux ou trois ans. Si l'examen est normalement fait sur trois ans, il est possible de décider de l'acceptation ou du rejet précoce d'une variété à l'aide d'un choix approprié de valeurs de probabilité.

9.5.5 Il est recommandé d'avoir au moins 20 degrés de liberté pour l'estimation de la variance des variétés comparables formée dans l'analyse COYU, ce qui correspond à 11 variétés comparables pour un examen COYU fondé sur deux années d'essais et à 8 variétés comparables sur trois années. Dans quelques cas, il peut ne pas y avoir suffisamment de variétés comparables pour donner les degrés minima de liberté recommandés. Des avis sont alors élaborés.

9.6 Détails mathématiques

Étape 1 : Calcul de l'écart type intraparcelle

9.6.1 Les écarts types intraparcelles pour chaque variété tous les ans sont calculés en établissant la moyenne des écarts types entre les plantes, SD_j , sur répétitions :

$$SD_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_{ij} - y_j)^2}{(n-1)}}$$

$$SD = \frac{\sum_{j=1}^r SD_j}{r}$$

dans laquelle y_{ij} est l'observation sur la i^e plante de la j^e parcelle, y_j est la moyenne des observations réalisées à partir de la j^e parcelle et n_j est le nombre de plantes mesurées dans chaque parcelle et r le nombre de répétitions.

Étape 2 : Transformation des écarts-types

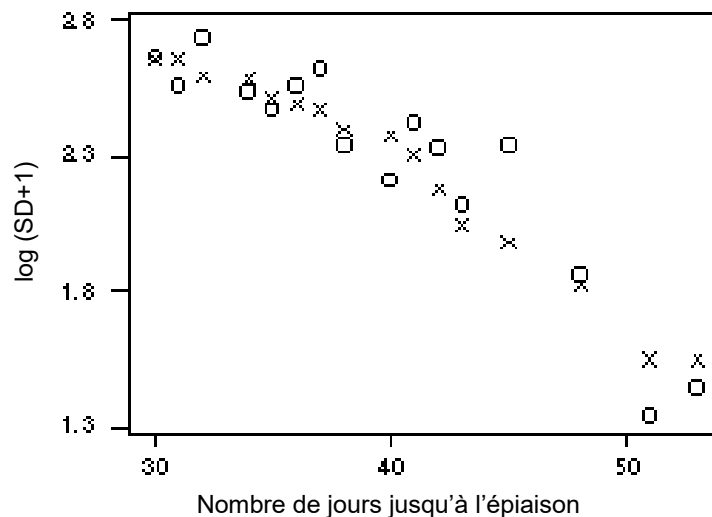
9.6.2 Transformation des écarts-types en ajoutant 1 et les convertissant en logarithmes naturels. Cette transformation vise à faire en sorte que les écarts types se prêtent mieux à l'analyse statistique.

Étape 3 : Estimation de la relation entre l'écart type et la moyenne tous les ans

9.6.3 Pour chaque année considérée séparément, on calcule la forme de corrélation moyenne entre l'écart type et la moyenne par caractère pour les variétés comparables. La méthode utilisée est celle d'une moyenne mobile à neuf points. Les écarts types (la variable Y) et les moyennes (la variable X) pour chaque variété sont d'abord classés en fonction des valeurs de la moyenne. Pour chaque point (Y_i, X_i) on considère la valeur tendancielle Y_i comme étant la moyenne des valeurs $Y_{i-4}, Y_{i-3}, \dots, Y_{i+4}$, où i représente la position de la valeur X , et Y_i la valeur Y correspondante. Pour les valeurs de X classées 1 et 2, on considère que la valeur tendancielle est la moyenne des trois premières valeurs. On prend la moyenne des cinq premières valeurs si X est classé 3, et la moyenne des sept premières valeurs si X est classé 4. Une procédure semblable est suivie pour les quatre valeurs de X les plus élevées.

9.6.4 Un exemple simple contenu dans la figure 1 permet d'illustrer cette procédure pour 16 variétés. Les points matérialisés par un "O" dans la figure représentent, pour 16 variétés, les écarts types et les moyennes correspondantes. Les "X" représentent les moyennes mobiles à 9 points qui sont calculées en prenant, pour chaque variété, la moyenne des écarts types de la variété et des quatre variétés de chaque côté. Aux extrémités, la moyenne mobile est fondée sur la moyenne de 3, 5 ou 7 valeurs.

Figure 1 : Association entre l'écart type et la moyenne – nombre de jours jusqu'à l'épiaison pour des variétés de dactyle (symbole O pour un écart type observé et X pour un écart type moyen mobile)



Étape 4 : Ajustement des valeurs transformées des écarts types sur la base de la relation estimée entre la moyenne et l'écart type

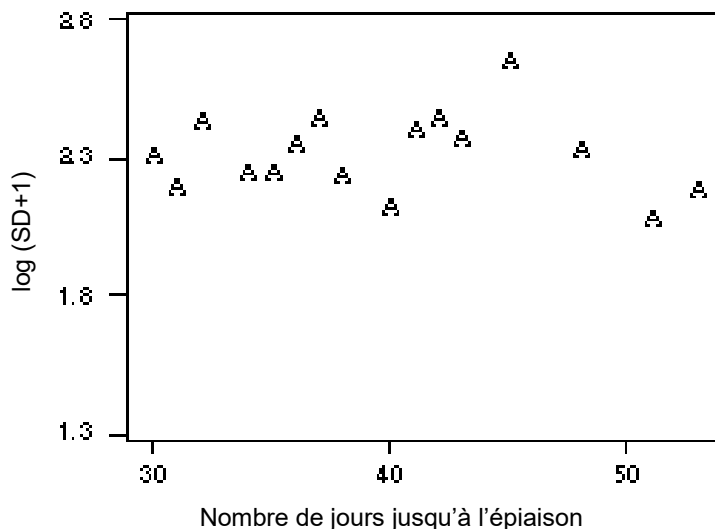
9.6.5 Une fois les valeurs tendancielles déterminées pour les variétés comparables, les valeurs tendancielles pour les variétés candidates sont calculées à partir d'une interpolation linéaire entre les valeurs tendancielles des deux variétés comparables les plus proches, définies par leurs moyennes par caractère. Si les valeurs tendancielles pour les deux variétés comparables de part et d'autre de la variété candidate sont T_i et T_{i+1} et que la valeur observée pour la variété candidate est Y_c lorsque $X_i \leq X_c \leq X_{i+1}$, la valeur tendancielle de la variété candidate se calcule selon la formule suivante :

$$T_c = \frac{(X_c - X_i)T_{i+1} + (X_{i+1} - X_c)T_i}{X_{i+1} - X_i}$$

9.6.6 Pour ajuster les écarts types en fonction de leur corrélation avec la moyenne par caractère, on déduit les valeurs tendancielles estimatives des écarts types transformés et on rajoute la moyenne générale.

9.6.7 Les résultats pour l'exemple simple avec 16 variétés sont donnés à la figure 2.

Figure 2 : Ajustement opéré pour tenir compte de la corrélation entre l'écart type et la moyenne - Nombre de jours jusqu'à l'épiaison pour des variétés de dactyle (symbole A pour l'écart type ajusté)



Étape 5 : Calcul du critère d'homogénéité

9.6.8 Pour mesurer la variabilité de l'homogénéité des variétés comparables, on applique une analyse de variance à un facteur aux logs d'écarts types ajustés, c'est-à-dire une analyse dans laquelle le facteur est l'effet année. La variabilité (V) est estimée à partir du terme résiduel dans cette analyse de variance.

9.6.9 L'écart type maximum autorisé (critère d'homogénéité) s'établit, sur la base de k années d'examen, selon la formule,

$$UC_p = SD_r + t_p \sqrt{V \left(\frac{1}{k} + \frac{1}{Rk} \right)}$$

dans laquelle SD_r est la moyenne des logs de SD ajustés pour les variétés comparables, V est la variance des logs de SD ajustés après suppression des effets annuels, t_p est la valeur t unilatérale pour une probabilité p à degrés de liberté comme pour V, Y est le nombre d'années et R est le nombre de variétés comparables.

9.7 Décisions rapides en faveur d'un essai triennal

9.7.1 Les décisions relatives à l'homogénéité peuvent être prises après deux ou trois années en fonction de la culture. Si l'analyse COYU se déroule normalement sur trois années, il est possible d'accepter ou de rejeter de manière précoce une variété candidate à l'aide d'un choix approprié de valeurs de probabilité.

9.7.2 Le niveau de probabilité du rejet précoce d'une variété candidate après deux années doit être le même que pour l'examen complet sur trois années. Par exemple, si l'examen COYU sur trois années est effectué avec un niveau de probabilité de 0,2%, il est possible de rejeter une variété candidate après deux années si son homogénéité dépasse le critère COYU avec un niveau de probabilité de 0,2%.

9.7.3 Le niveau de probabilité d'acceptation précoce d'une variété candidate après deux années doit être plus élevé que pour l'examen complet sur trois années. Par exemple, si l'examen COYU sur trois années est effectué avec un niveau de probabilité de 0,2%, il est possible d'accepter une variété candidate après deux années si son homogénéité ne dépasse pas le critère COYU avec un niveau de probabilité de 0,2%.

9.7.4 Quelques variétés peuvent ne pas être rejetées ou acceptées après deux années. Dans l'exemple figurant à la section 9.8, une variété pourrait avoir une homogénéité qui dépasse le critère COYU avec un niveau de probabilité de 2% mais pas le niveau de probabilité de 0,2%. Dans ce cas-là, ces variétés doivent être réévaluées après trois années.

9.8 Exemple de calculs COYU

9.8.1 On trouvera ci-dessous pour illustrer les calculs en jeu un exemple de l'utilisation de l'analyse COYU. Cet exemple consiste à donner la date des notes d'épiaison du ray-grass pérenne sur trois années pour 11 variétés comparables (R1 à R11) et une variété candidate (C1). Les données sont tabulées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Exemple d'un jeu de données – date d'épiaison du ray-grass pérenne

Variété	Moyenne du caractère			Écart type à l'intérieur de la parcelle			Log (SD+1)		
	Année 1	Année 2	Année 3	Année 1	Année 2	Année 3	Année 1	Année 2	Année 3
R1	38	41	35	8,5	8,8	9,4	2,25	2,28	2,34
R2	63	68	61	8,1	7,6	6,7	2,21	2,15	2,04
R3	69	71	64	9,9	7,6	5,9	2,39	2,15	1,93
R4	71	75	67	10,2	6,6	6,5	2,42	2,03	2,01
R5	69	78	69	11,2	7,5	5,9	2,50	2,14	1,93
R6	74	77	71	9,8	5,4	7,4	2,38	1,86	2,13
R7	76	79	70	10,7	7,6	4,8	2,46	2,15	1,76
R8	75	80	73	10,9	4,1	5,7	2,48	1,63	1,90
R9	78	81	75	11,6	7,4	9,1	2,53	2,13	2,31
R10	79	80	75	9,4	7,6	8,5	2,34	2,15	2,25
R11	76	85	79	9,2	4,8	7,4	2,32	1,76	2,13
C1	52	56	48	8,2	8,4	8,1	2,22	2,24	2,21

9.8.2 On trouvera dans le tableau 2 les calculs d'ajustement des écarts types la première année. La valeur tendancielle pour la variété candidate C1 s'obtient par interpolation des valeurs concernant les variétés R1 et R2, car la moyenne du caractère pour C1 (52) se situe entre les moyennes pour R1 et R2 (38 et 63), c'est-à-dire

$$T_c = \frac{(X_c - X_i)T_{i+1} + (X_{i+1} - X_c)T_i}{X_{i+1} - X_i} = \frac{(52 - 38) \times 2.28 + (63 - 52) \times 2.28}{63 - 38} = 2.28$$

Tableau 2 : Exemple d'un jeu de données – calcul du log (SD+1) ajusté pour l'année 1

Variété	Moyenne classée (X)	Log (SD+1) (Y)	Valeur tendancielle T	Log (SD+1) ajusté
R1	38	2,25	(2,25 + 2,21 + 2,39)/3 = 2,28	2,25 - 2,28 + 2,39 = 2,36
R2	63	2,21	(2,25 + 2,21 + 2,39)/3 = 2,28	2,21 - 2,28 + 2,39 = 2,32
R3	69	2,39	(2,25 + . . . + 2,42)/5 = 2,35	2,39 - 2,35 + 2,39 = 2,42
R5	69	2,50	(2,25 + . . . + 2,48)/7 = 2,38	2,50 - 2,38 + 2,39 = 2,52
R4	71	2,42	(2,25 + . . . + 2,32)/9 = 2,38	2,42 - 2,38 + 2,39 = 2,43
R6	74	2,38	(2,21 + . . . + 2,53)/9 = 2,41	2,38 - 2,41 + 2,39 = 2,36
R8	75	2,48	(2,39 + . . . + 2,34)/9 = 2,42	2,48 - 2,42 + 2,39 = 2,44
R7	76	2,46	(2,42 + . . . + 2,34)/7 = 2,42	2,46 - 2,42 + 2,39 = 2,43
R11	76	2,32	(2,48 + . . . + 2,34)/5 = 2,43	2,32 - 2,43 + 2,39 = 2,28
R9	78	2,53	(2,32 + 2,53 + 2,34)/3 = 2,40	2,53 - 2,40 + 2,39 = 2,52
R10	79	2,34	(2,32 + 2,53 + 2,34)/3 = 2,40	2,34 - 2,40 + 2,39 = 2,33
Moyenne	70	2,39		
C1	52	2,22	2,28	2,22 - 2,28 + 2,39 = 2,32

9.8.3 On trouvera dans le tableau 3 les résultats de l'ajustement pour les trois années.

Tableau 3 : Exemple d'un jeu de données – log (SD+1) ajusté pour les trois années avec des moyennes sur plusieurs années

Variété	Moyennes sur plusieurs années		Log (SD+1) ajusté		
	Moyenne du caractère	Log (SD+1) ajusté	Année 1	Année 2	Année 3
R1	38	2,26	2,36	2,13	2,30
R2	64	2,10	2,32	2,00	2,00
R3	68	2,16	2,42	2,10	1,95
R4	71	2,15	2,43	1,96	2,06
R5	72	2,20	2,52	2,14	1,96
R6	74	2,12	2,36	1,84	2,16
R7	75	2,14	2,43	2,19	1,80
R8	76	2,02	2,44	1,70	1,91
R9	78	2,30	2,52	2,16	2,24
R10	78	2,22	2,33	2,23	2,09
R11	80	2,01	2,28	1,78	1,96
Mean	70	2,15	2,40	2,02	2,04
C1	52	2,19	2,32	2,08	2,17

9.8.4 La table d'analyse de variance pour le log des écarts types ajusté figure dans le tableau 4 (sur la base de variétés comparables uniquement). On en déduit la variabilité d'homogénéité des variétés comparables qui est (V=0,0202).

Tableau 4 : Exemple d'un jeu de données – table d'analyse de variance pour le log (SD+1) ajusté

Source	Degrés de liberté	Somme des carrés	Carrés moyens
Année	2	1,0196	0,5098
Variétés sur plusieurs années (=résidu)	30	0,6060	<u>0,0202</u>
Total	32	1,6256	

9.8.5 Le critère d'homogénéité pour un niveau de probabilité de 0,2% est calculé de la manière suivante :

$$UC_p = SD_r + t_p \sqrt{V \left(\frac{1}{k} + \frac{1}{Rk} \right)} = 2,15 + 3,118 \times \sqrt{0,0202 \times \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3 \times 11} \right)} = 2,42$$

où t_p est tiré de la table t de Student avec $p=0,002$ (unilatéral) et 30 degrés de liberté.

9.8.6 Les variétés avec un log moyen (SD+1) ajusté inférieur ou égal à 2,42 peuvent être considérées comme homogènes pour ce caractère. La variété candidate C1 répond à ce critère.

9.9 Mise en oeuvre 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), ou en visitant <http://www.afbini.gov.uk/dustnt.htm>.

9.10 Le logiciel COYU

9.10.1 *Programme informatique DUST*

9.10.1.1 Les principaux résultats obtenus à partir du programme COYU DUST sont illustrés dans le tableau A1, qui résume les résultats des analyses d'écarts types intra-parcelle pour 49 variétés de ray-grass pérenne examinées sur une période de trois ans. Des résultats supplémentaires sont donnés dans le tableau A2, où sont présentés les détails de l'analyse d'un seul caractère, à savoir la date d'épiaison. À noter que le tableau d'analyse de variance donné a une source de variation additionnelle; la variance, V , du log d'écarts type ajusté est calculé en combinant la variation de la variété et des sources résiduelles.

9.10.1.2 Dans le tableau A1, l'écart type ajusté pour chaque variété est exprimé en pourcentage de l'écart type moyen pour toutes les variétés comparables. Le nombre 100 indique que la variété présente une homogénéité moyenne; un nombre inférieur à 100 révèle une bonne homogénéité, tandis qu'un nombre nettement supérieur à 100 témoigne d'une homogénéité médiocre pour le caractère considéré. L'homogénéité insuffisante d'un caractère est souvent confirmée par le manque d'homogénéité de caractères voisins.

9.10.1.3 Les symboles "*" et "+" situés à la droite des pourcentages signalent les variétés dont les écarts types dépassent le critère COYU après trois et deux années respectivement. Le symbole ":" indique qu'après deux années l'homogénéité n'est pas encore acceptable et que la variété doit être examinée pendant une année supplémentaire. À noter que, pour cet exemple, on utilise un niveau de probabilité de 0,2% dans le cas de l'examen de trois années. S'agissant des décisions précoces prises à deux années, des niveaux de probabilité de 2% et 0,2% sont utilisés pour accepter et rejeter des variétés respectivement. La totalité des variétés candidates avait une homogénéité acceptable pour les 8 caractères au moyen de l'analyse COYU.

9.10.1.4 Les chiffres situés à la droite des pourcentages indiquent le nombre des années qu'un critère d'homogénéité dans l'année est dépassé. Ce critère a maintenant été remplacé par l'analyse COYU.

9.10.1.5 Le programme pourra fonctionner avec un jeu de données complet ou dans lequel il manque quelques valeurs comme par exemple lorsqu'une variété est absente une année.

Tableau A1 : Exemple de résultats récapitulatifs issus du programme COYU

**** OVER-YEARS UNIFORMITY ANALYSIS SUMMARY ****

WITHIN-PLOT STANDARD DEVIATIONS AS % MEAN OF
REFERENCE VARIETY SDS

		CHARACTERISTIC NUMBER				
		5	60	8	10	11
R1		100	100	95	100	97
R2		105	106	98	99	104
R3		97	103	92	103	96
R4		102	99	118	2 105	101
R5		102	99	116	3 95	104
R6		103	102	101	99	97
R7		100	95	118	2 102	1 98
R8		97	98	84	95	97
R9		97	105	87	99	101
R10		104	100	96	105	1 96
R11		99	96	112	99	101
R12		100	97	99	1 103	105
R13		95	96	101	100	96
R14		105	103	90	97	101
R15		102	100	1 89	105	105
R16		99	98	92	1 98	102
R17		97	101	98	101	101
R18		99	97	96	96	102
R19		103	101	105	102	100
R20		104	99	93	91	100
R21		97	94	103	97	100
R22		101	110*1	112	107	1 103
R23		94	101	107	99	104
R24		99	97	95	99	100
R25		104	1 103	93	1 99	101
R26		98	97	111	2 96	102
R27		102	99	106	1 99	103
R28		101	106	90	95	101
R29		101	105	83	102	94
R30		99	96	97	99	95
R31		99	102	107	107	1 102
R32		98	93	111	2 102	98
R33		104	102	1 107	1 103	100
R34		95	94	82	95	97
R35		100	102	95	100	99
R36		99	98	111	1 99	100
R37		100	107	1 107	101	100
R38		95	97	102	107	1 97
R39		99	99	90	98	101
R40		104	102	112	1 100	101
C1		100	1 106	113	2 104	1 106
C2		103	101	98	97	101
C3		97	93	118	2 98	99
C4		102	101	106	103	99
C5		100	104	99	103	100
C6		101	102	103	100	103
C7		96	98	106	97	102
C8		101	105	1 116	2 103	103
C9		99	99	90	2 91	97

CHARACTERISTIC

5	SPRING	60	NATURAL SPRIN
8	DATE OF EAR	10	HEIGHT AT EAR
11	WIDTH AT EAR	14	LENGTH OF FLA
15	WIDTH OF FLAG	24	EAR LENGTH

SYMBOLS

* - SD EXCEEDS OVER-YEARS CRITERION AFTER
+ - SD EXCEEDS OVER-YEARS CRITERION AFTER
: - SD NOT YET ACCEPTABLE AFTER 2 YEARS
1,2,3 - THE NUMBER OF OCCASIONS THE WITHIN-YI

Tableau A2 : Exemple de tableau complémentaire de résultats issus du programme DUST pour le caractère "date d'épiaison" (car. 8)

**** UNIFORMITY ANALYSIS OF BETWEEN-PLANT STANDARD DEVIATIONS (SD) ****

VARIETY	OVER-YEARS			INDIVIDUAL YEARS								
	CHAR.	ADJ.	UNADJ.	--- CHAR. MEAN ---			--- LOG (SD+1) ---			--- ADJ LOG(SD+1) ---		
	MEAN	LOG SD	LOG SD	88	89	90	88	89	90	88	89	90
REFERENCE												
R3	38.47	1.823	2.179	39.07	41.21	35.12	2.02	2.18	2.34X	1.73	1.78	1.96
R5	50.14	2.315	2.671	48.19	53.69	48.54	2.52X	2.74X	2.76X	2.23	2.33	2.39
R16	59.03	1.833	2.179	57.25	63.33	56.50	2.28X	2.24	2.01	1.96	1.73	1.81
R26	63.44	2.206	2.460	61.00	66.53	62.81	2.50X	2.75X	2.13	2.18	2.33	2.11
R9	63.99	1.739	1.994	62.92	68.32	60.72	2.21	2.03	1.74	1.96	1.64	1.62
R12	66.12	1.964	2.086	67.89	65.35	65.12	2.07	2.58X	1.60	1.97	2.14	1.78
R33	67.58	2.124	2.254	66.66	71.54	64.53	2.55X	2.26	1.95	2.32	1.92	2.12
R1	67.87	1.880	1.989	69.07	70.64	63.90	1.60	2.45X	1.93	1.60	2.08	1.96
R20	68.74	1.853	1.893	67.17	74.31	64.74	2.05	1.95	1.68	1.92	1.75	1.89
R25	68.82	1.853	1.905	68.28	72.38	65.81	1.83	2.39X	1.49	1.75	2.09	1.72
R18	69.80	1.899	1.853	68.61	75.22	65.58	1.88	1.84	1.84	1.82	1.80	2.08
R30	70.53	1.919	1.864	70.36	75.08	66.15	2.04	1.84	1.71	2.00	1.78	1.98
R13	70.63	2.005	2.000	70.23	75.00	66.66	1.97	2.03	2.01	1.91	1.86	2.24
R32	71.49	2.197	2.238	70.03	74.98	69.44	2.32X	2.45X	1.94	2.31	2.27	2.01
R34	72.09	1.630	1.545	71.32	77.35	67.59	1.57	1.49	1.58	1.54	1.58	1.78
R40	72.24	2.222	2.178	72.71	75.07	68.95	2.25X	2.26	2.03	2.29	2.16	2.22
R23	72.40	2.122	2.058	69.72	78.39	69.10	2.11	2.14	1.93	2.16	2.14	2.06
R29	72.66	1.657	1.580	73.13	75.80	69.04	1.46	1.63	1.65	1.47	1.69	1.81
R7	73.19	2.341	2.342	72.23	75.80	71.52	2.62X	2.30X	2.10	2.61	2.30	2.11
R24	73.19	1.888	1.796	74.00	76.37	69.20	1.62	1.84	1.93	1.71	1.91	2.04
R19	73.65	2.083	2.049	73.32	76.06	71.57	1.96	2.05	2.14	1.96	2.13	2.16
R2	73.85	1.946	1.897	72.98	78.16	70.42	1.76	1.96	1.97	1.79	2.02	2.03
R31	74.23	2.119	2.012	73.73	78.23	70.71	2.05	1.86	2.13	2.25	1.94	2.17
R37	74.38	2.132	2.020	74.87	76.95	71.32	1.97	2.04	2.04	2.23	2.11	2.06
R11	74.60	2.224	2.150	73.87	78.07	71.87	2.21	2.08	2.16	2.36	2.10	2.21
R38	74.76	2.029	1.916	76.11	78.24	69.93	1.84	2.15	1.75	1.98	2.24	1.87
R8	74.83	1.677	1.593	74.27	78.77	71.45	1.62	1.55	1.61	1.75	1.64	1.64
R15	75.54	1.760	1.682	75.72	78.68	72.22	1.53	1.79	1.73	1.64	1.84	1.80
R10	75.64	1.915	1.847	73.47	79.24	74.23	1.87	1.66	2.00	1.99	1.78	1.98
R22	75.68	2.228	2.133	74.57	79.17	73.32	2.18	2.21	2.01	2.40	2.26	2.03
R14	75.84	1.797	1.688	74.53	79.56	73.43	1.54	1.63	1.90	1.70	1.76	1.93
R17	76.13	1.942	1.832	75.34	79.09	73.96	1.65	2.04	1.81	1.90	2.10	1.83
R39	76.83	1.781	1.676	75.49	80.50	74.50	1.56	1.51	1.96	1.72	1.70	1.92
R35	77.22	1.886	1.773	76.67	80.85	74.15	1.73	1.67	1.92	1.88	1.85	1.93
R4	77.78	2.349	2.268	76.80	81.22	75.33	2.36X	2.13	2.31X	2.52	2.33	2.20
R36	77.98	2.209	2.173	78.97	79.85	75.11	2.13	2.15	2.25X	2.24	2.21	2.18
R6	78.73	2.009	1.935	77.53	82.88	75.78	2.00	1.75	2.06	2.03	2.09	1.91
R27	78.78	2.116	2.098	77.61	80.03	78.69	1.80	2.25	2.24X	1.87	2.39	2.09
R28	79.41	1.785	1.722	78.28	81.99	77.97	1.68	1.43	2.05	1.79	1.67	1.89
R21	80.52	2.045	1.950	77.43	85.02	79.11	1.98	1.75	2.13	2.07	2.09	1.98
CANDIDATE												
C1	64.03	2.252	2.438	63.85	63.33	64.92	2.49X	2.81X	2.02	2.25	2.29	2.21
C2	86.11	1.940	1.837	84.83	88.63	84.85	1.79	1.71	2.01	1.90	2.05	1.87
C3	82.04	2.349	2.248	82.26	87.45	76.40	2.37X	2.03	2.35X	2.48	2.37	2.20
C4	78.63	2.104	2.033	78.01	82.17	75.72	2.05	2.01	2.04	2.15	2.27	1.90
C5	72.99	1.973	1.869	71.98	79.40	67.59	1.95	1.78	1.88	1.93	1.90	2.08
C6	83.29	2.050	1.947	84.10	85.57	80.21	2.05	1.69	2.10	2.16	2.03	1.96
C7	83.90	2.100	1.997	84.12	87.99	79.60	1.93	1.95	2.11	2.04	2.29	1.97
C8	83.50	2.304	2.201	82.43	85.98	82.08	2.27X	2.00	2.34X	2.38	2.33	2.20
C9	51.89	1.788	2.157	52.35	55.77	47.56	1.83	2.34X	2.31X	1.52	1.91	1.93
MEAN OF REFERENCE	71.47	1.988		70.78	74.97	68.65	1.97	2.03	1.96	1.99	1.99	1.99
UNIFORMITY CRITERION												
			PROB. LEVEL									
3-YEAR REJECTION	2.383	0.002										
2-YEAR REJECTION	2.471	0.002										
2-YEAR ACCEPTANCE	2.329	0.020										

**** ANALYSIS OF VARIANCE OF ADJUSTED LOG(SD+1) *** *

	DF	MS	F RATIO
YEARS	2	0.06239	
VARIETIES	39	0.11440	5.1
RESIDUAL	78	0.02226	
TOTAL	119	0.05313	

SYMBOLS

- * - SD EXCEEDS OVER-YEARS UNIFORMITY CRITERION AFTER 3 YEARS.
- + - SD EXCEEDS OVER-YEARS UNIFORMITY CRITERION AFTER 2 YEARS.
- : - SD NOT YET ACCEPTABLE ON OVER-YEARS CRITERION AFTER 2 YEARS.
- X - SD EXCEEDS 1.265 TIMES MEAN OF REFERENCE VARIETIES

9.11 Schémas utilisés pour l'application de l'analyse COYU

Les quatre cas ci-après sont ceux qui, en général, représentent les différentes situations qui peuvent se produire lorsqu'on utilise l'analyse COYU dans l'examen DHS :

Schéma A : L'examen est effectué sur 2 cycles de végétation indépendants et les décisions sont prises après 2 cycles (un cycle de végétation pourrait durer un an et il est plus loin signalé par cycle).

Schéma B : L'examen est effectué sur 3 cycles de végétation indépendants et les décisions sont prises après 3 cycles.

Schéma C : L'examen est effectué sur 3 cycles de végétation indépendants et les décisions sont prises après 3 cycles, mais une variété peut être acceptée après 2 cycles.

Schéma D : L'examen est effectué sur 3 cycles de végétation indépendants et les décisions sont prises après 3 cycles, mais une variété peut être acceptée ou rejetée après 2 cycles.

Les stades auxquels les décisions sont prises dans les cas A à D sont illustrés dans les figures 1 à 4 respectivement. Ils illustrent également les différents niveaux de probabilités standard (p_{u2} , p_{nu2} et p_{u3}) nécessaires pour calculer en fonction du cas les critères COYU. Ces niveaux sont définis comme suit :

Niveaux de probabilité	Utilisés pour décider si une variété est :
p_{u2}	homogène dans un caractère après 2 cycles
p_{nu2}	non homogène après 2 cycles
p_{u3}	homogène dans un caractère après 3 cycles

Dans les figures 1 à 4, le critère COYU calculé à l'aide par exemple du niveau de probabilité p_{u2} est indiqué par $UC_{p_{u2}}$ etc. Le terme "U" représente le log moyen ajusté ($SD+1$) d'une variété pour un caractère.

Le tableau 1 résume les différents niveaux de probabilité standard nécessaires pour calculer dans chacun des cas A à D les critères COYD et COYU. C'est ainsi par exemple que, dans le cas B, un seul niveau de probabilité est nécessaire (p_{u3}) alors que, dans le cas C, il en faut deux (p_{u2} et p_{u3}).

Tableau 1	COYU		
CAS	p _{u2}	p _{nu2}	p _{u3}
A			
B			
C			
D			

Figure 1. Décisions COYU et niveaux de probabilité standard (p_i) dans le cas A

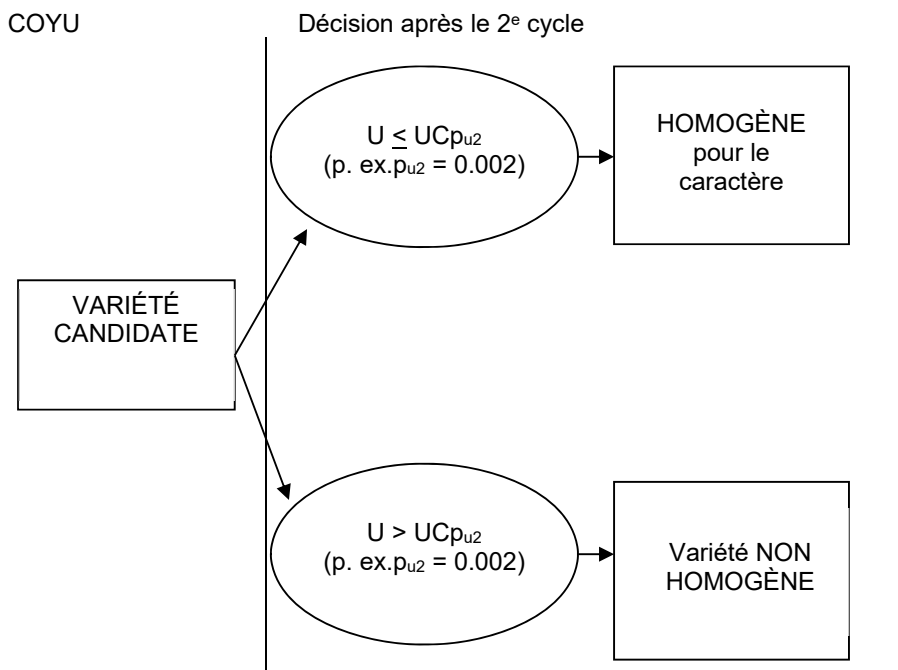
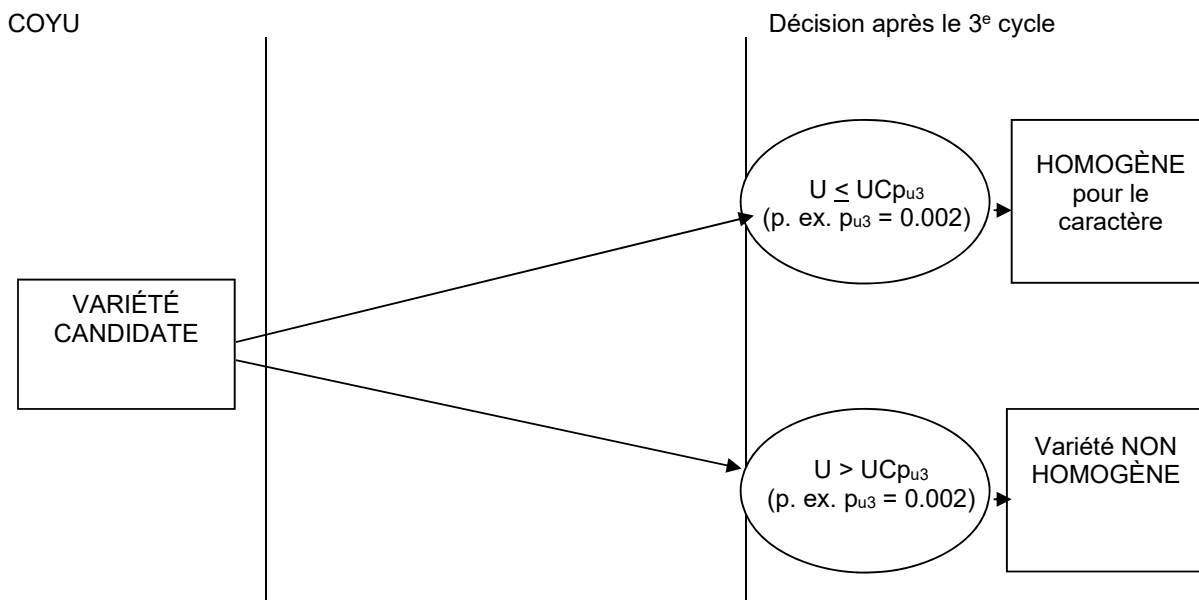


Figure 2. Décisions COYD et COYU et niveaux de probabilité standard (p_i) dans le cas B



NOTE :

"U" est le log moyen ajusté (SD+1) de la variété candidate pour le caractère
UCp est le critère COYU calculé au niveau de probabilité p

Figure 3. Décisions COYU et niveaux de probabilité standard (p_i) dans le cas C

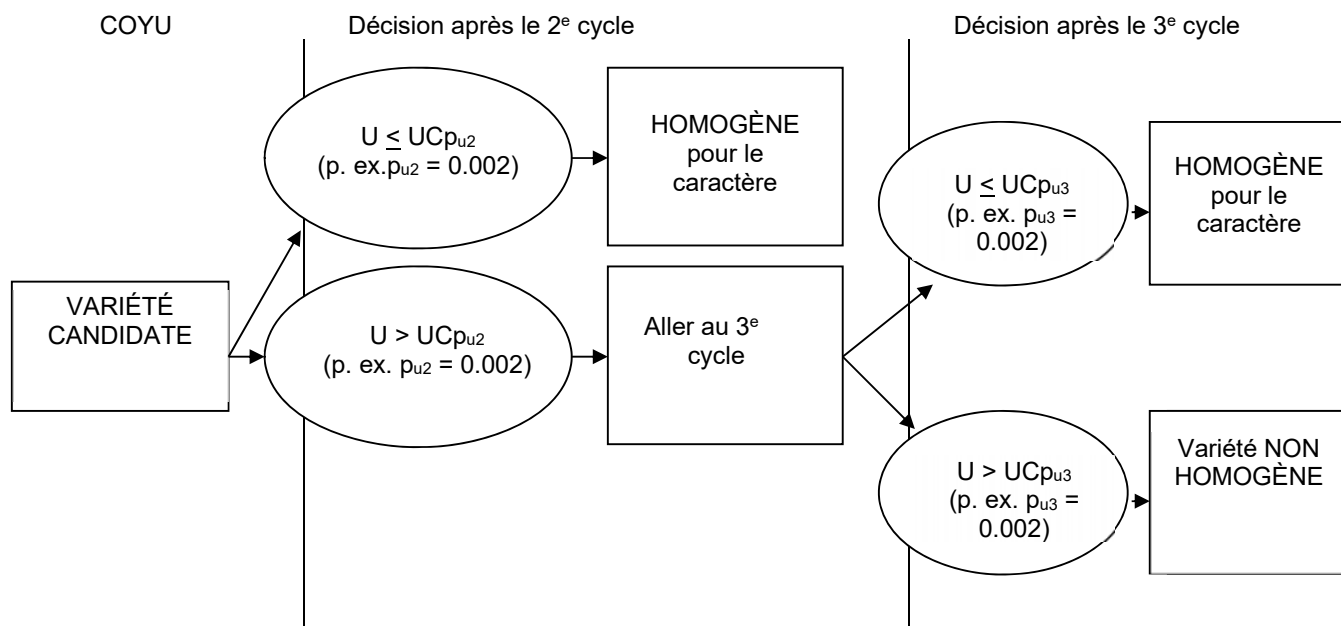
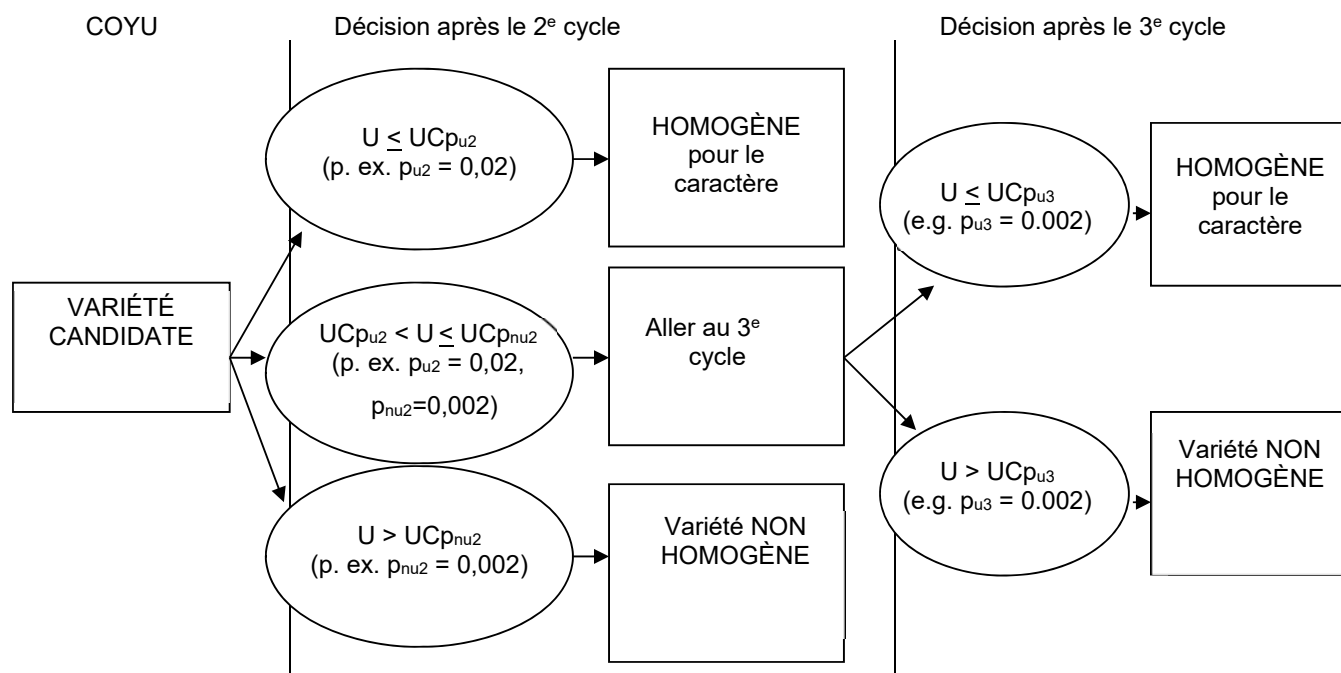


Figure 4. Décisions COYD et COYU et niveaux de probabilité standard (p_i) dans le cas D



NOTE :

"U" est le log moyen ajusté (SD+1) de la variété candidate pour le caractère
UCp est le critère COYU calculé au niveau de probabilité p

10. ÉVALUATION DE L'HOMOGENÉITÉ SUR LA BASE DE LA MÉTHODE DE VARIANCE RELATIVE

10.1 Utilisation de la méthode de variance relative

La variance relative pour un caractère donné désigne la variance de la variété candidate divisée par la moyenne de la variance des variétés comparables (Variance relative = variance de la variété candidate/variance moyenne des variétés comparables). Les données doivent être distribuées normalement. La méthode de la variance relative peut être appliquée à tout caractère mesuré qui est une variable continue, quel que soit le mode de reproduction ou de multiplication de la variété. Par "variétés comparables" on entend des variétés du même type au sein de la même espèce ou d'espèces voisines qui ont déjà été examinées et jugées suffisamment uniformes (voir la section 5.2 "Déterminer le niveau acceptable de variation" du document TGP/10).

S'agissant des variétés allogames, les principes directeurs d'examen de l'UPOV recommandent normalement d'effectuer 60 mesures par caractère par variété. In essence, le coefficient de variance correspond à la statistique F, la valeur tabulée de F à $P = 0,01$ dans laquelle $df_1 = 60$ (degrés de liberté de la variété candidate) et $df_2 = \infty$ (degrés de liberté de la ou des variétés comparables) est 1,47. $df_2 = \infty$ est retenu comme une estimation prudente car on suppose que les variétés comparables représentent exactement le nombre infini de variétés comparables possibles pour l'espèce dans son ensemble. C'est pourquoi 1,47 est le seuil pour les espèces allogames avec 60 mesures par caractère par variété. Lorsque la taille des échantillons est différente, une statistique F différente doit être utilisée pour la df_1 , bien que la df_2 doive rester à ∞ .

10.2 Seuil pour différentes tailles d'échantillon

10.2.1 Différents seuils de F (à $P = 0,01$) devraient être appliqués pour différentes tailles d'échantillon de la variété candidate. Le df_1 variera en fonction des différentes tailles d'échantillon de la variété candidate. Toutefois, le df_2 sera dans tous les cas considérés comme ∞ pour couvrir l'éventail tout entier des variétés comparables possibles au sein d'une espèce, ce qui fournira une estimation prudente du seuil. Dans ces conditions et compte tenu des valeurs pertinentes du tableau F, le tableau 1 montre le seuil qui s'appliquerait aux différentes tailles de l'échantillon des variétés candidates. Si les tailles de l'échantillon sont différentes de celles du tableau 1, le seuil correct devrait être utilisé pour la taille exacte de l'échantillon.

Tableau 1 : Seuil de variance relative pour quelques différentes tailles d'échantillon

Taille de l'échantillon de la variété candidate	Seuil de la variance relative
30	1,70
40	1,59
50	1,53
60	1,47
80	1,41
100	1,36
150	1,29
200	1,25

Source : Tableau de F publié dans "Tables for Statisticians" Barnes & Noble, Inc. New York

10.2.2 S'agissant de la taille d'un échantillon donnée, si la variance relative dépasse le seuil, la variété candidate sera réputée être non homogène pour ce caractère.

10.3 Le test de variance relative dans la pratique

10.3.1 Lorsque la variance relative calculée est inférieure à la valeur tabulée de la statistique F présentée dans le tableau 1, pour la taille de l'échantillon pertinente, il est alors raisonnable de supposer que les variances sont égales et que la variété candidate est homogène dans le cas de ce caractère particulier. Si la variance relative calculée est supérieure à la valeur tabulée de F, l'hypothèse nulle selon laquelle les variétés ont des variances égales, est alors rejetée. La variété candidate serait réputée avoir une variance plus élevée que les variétés comparables pour ce caractère et elle ne répondrait en conséquence pas aux critères d'homogénéité

10.4 Exemples de la méthode de variance relative

Exemple

10.4.1 Dans un essai DHS, une variété candidate allogame a été mise en culture conjointement avec un nombre de variétés qui représentent le niveau requis d'homogénéité pour tous les caractères pertinents. Afin d'illustrer le calcul de la variance relative, il est présenté un exemple avec quatre variétés comparables. Les données de variance sur les mesures de hauteur des plantes pour les cinq variétés sont présentées dans le tableau 2. Pour chaque variété, on a effectué les mesures de hauteur sur 60 plantes:

Tableau 2 : Variances de variétés candidates et comparables pour les données sur la hauteur des plantes

Variété candidate	Variété comparable 1	Variété comparable 2	Variété comparable 3	Variété comparable 4
5,6	7,8	4,5	3,2	5,8

10.4.2 Le nombre d'observations par variété est le même (n=60); par conséquent, nous pouvons considérer la variance moyenne des variétés comparables comme leur variance collective.

10.4.3 La variance moyenne des variétés comparables est $(7,8 + 4,5 + 3,2 + 5,8)/4 = 5,32$

10.4.4 La variance relative d'un caractère particulier désigne la variance de la variété candidate divisée par la moyenne de la variance des variétés comparables.

Variance relative = variance de la variété candidate/variance moyenne des variétés comparables

$$= 5,6/5,32 = 1,05$$

10.4.5 Dans le tableau 1, pour la taille d'un échantillon de 60, le seuil est de 1,47; nous pouvons donc en conclure que la variété candidate est suffisamment homogène pour ce caractère.

10.5 Corrélation entre la variance relative et l'écart type relatif

10.5.1 Il arrive parfois dans les essais DHS que les données d'homogénéité soient présentées en fonction des écarts types et non pas sous la forme de variances. Mathématiquement, il y a une corrélation simple entre la variance et l'écart type :

Écart type = racine carrée de variance

10.5.2 Par conséquent, dans le cas des écarts type relatifs, le tableau 1 doit être modifié pour inclure les racines carrées des seuils (tableau 4).

Tableau 4 : Seuil pour les écarts type relatifs de quelques différentes tailles d'échantillon

Taille de l'échantillon de la variété candidate	Seuil des écarts type relatifs
30	1,30
40	1,26
50	1,24
60	1,21
80	1,19
100	1,17
150	1,14
200	1,12

10.5.3 Lorsqu'il est appelé à décider de l'homogénéité sur la base d'écarts type relatifs, l'examineur doit utiliser la tableau 4 au lieu du tableau 1 pour obtenir les seuils appropriés. Le même principe d'acceptation ou de rejet s'applique à l'écart type relatif; seuls les seuils sont plus bas en raison de la racine carrée de

valeurs appropriées. C'est ainsi par exemple que, pour 60 échantillons, le seuil de variance relative est de 1,47; par contre, dans le cas de l'écart type relatif, il est de 1,21, qui est la racine carrée de 1,47.

11. EXAMEN DES CARACTÈRES AU MOYEN DE L'ANALYSE D'IMAGES

11.1 Introduction

Les caractères qui peuvent être examinés au moyen de l'analyse d'images devraient également pouvoir être examinés au moyen d'une observation visuelle ou d'une mesure manuelle, selon qu'il convient. Les explications relatives à l'observation de ces caractères, notamment, selon qu'il convient, les explications dans les principes directeurs d'examen, devraient garantir que le caractère est expliqué en des termes qui permettent à tous les experts DHS de comprendre et d'examiner le caractère.

11.2 Combinaison de caractères

11.2.1 Il est indiqué dans l'Introduction générale (section 4 du chapitre 4 du document TG/1/3) ce qui suit :

"4.6.3 Combinaison de caractères

"4.6.3.1 Cette expression désigne la simple combinaison d'un petit nombre de caractères. Pour autant que la combinaison soit biologiquement significative, des caractères qui sont observés séparément peuvent ultérieurement être combinés (par exemple le rapport longueur/largeur) pour donner un caractère combiné. Les caractères combinés doivent être examinés du point de vue de la distinction, de l'homogénéité et de la stabilité au même titre que d'autres caractères. Dans certains cas, ces caractères combinés sont examinés à l'aide de techniques telles que l'analyse d'images. Les méthodes d'examen DHS adaptées en pareil cas sont précisées dans le document TGP/12 'Caractères spéciaux'."

11.2.2 Par conséquent, il est précisé dans l'Introduction générale que l'analyse d'images est une méthode possible pour l'examen de caractères qui répondent aux conditions applicables aux caractères utilisés pour l'examen DHS (voir le chapitre 4.2 du document TG/1/3), qui comprend la nécessité d'examiner ces caractères du point de vue de l'homogénéité et de la stabilité. En ce qui concerne la combinaison de caractères, l'Introduction générale précise également que ces caractères doivent être biologiquement significatifs.

11.2.3. L'analyse d'images consiste à extraire avec un ordinateur des informations (p. ex., mesures de plantes) d'images (numériques). Elle est utilisée dans l'examen des variétés végétales pour faciliter l'évaluation des caractères des plantes. Elle peut être considérée comme un dispositif de mesure intelligent (règle avancée). Le présent document a pour objet de donner des conseils pour l'utilisation de l'analyse d'images dans l'examen des variétés végétales.

11.2.4. L'analyse d'images peut être utilisée d'une manière entièrement automatisée ou semi-automatisée. Lorsqu'elle est entièrement automatisée, l'expert se contente d'enregistrer à l'aide d'une caméra ou d'un scanner les images de parties de plantes et l'ordinateur calcule automatiquement les caractères pertinents sans interférence humaine. Lorsque l'analyse est semi-automatisée, l'ordinateur montre les images sur un écran et l'utilisateur peut interagir avec le logiciel pour mesurer des parties spécifiques d'une plante, en cliquant par exemple avec une souris.

11.3 Enregistrement des images : étalonnage et normalisation

11.3.1 Un facteur important à prendre en considération lorsqu'on enregistre et analyse des images numériques est celui de la normalisation et de l'étalonnage dans les cas où l'analyse d'images est automatisée. La normalisation est effectuée en utilisant autant que faire se peut le même montage (éclairage, caméra, emplacement de la caméra, lentille, perspective et distance entre la caméra et l'objet) pour chaque enregistrement. Il est important de s'assurer que les enregistrements sont effectués selon un protocole bien défini car le logiciel peut en dépendre. C'est ainsi par exemple que les gousses peuvent devoir être orientées horizontalement dans les images, les becs pointant vers la gauche. L'étalonnage du système est nécessaire pour rendre l'enregistrement aussi indépendant que possible d'éventuelles circonstances en corrigeant les variations de taille et de couleur par exemple.

11.3.2 L'étalonnage de la taille est nécessaire. L'unité de mesure utilisée dans les images étant le pixel, il convient d'établir un lien entre les pixels de l'image et les millimètres. Une manière standard d'effectuer l'étalonnage est d'inclure une règle dans chaque image enregistrée, à la même distance de la caméra que la partie de la plante enregistrée. Dans ce cas, l'utilisateur peut rapporter la taille de la règle au nombre de pixels et effectuer l'étalonnage manuellement. Une manière plus efficace de le faire consiste à utiliser un objet aux

dimensions standard comme une pièce de monnaie par exemple qui peut être analysée automatiquement avec le logiciel et être ensuite utilisée pour un étalonnage de taille implicite. Une telle pièce permet également de vérifier si les pixels sont carrés (c'est-à-dire si le rapport d'aspect de chaque pixel est de 1/1). Dans tous les cas, l'objet devrait être suffisamment près de l'objet d'étalonnage et suffisamment loin de la caméra afin de minimiser l'effet de l'agrandissement qui varie en fonction de la distance. Par ailleurs, une lentille télécentrique pourrait être utilisée pour minimiser cet effet.

11.3.3 L'étalonnage de l'éclairage est également nécessaire : un objet doit être séparé du fond de l'image. Une façon de le faire qui est très simple et souvent utilisée consiste à appliquer le seuillage : un pixel avec une valeur (grise) au-dessus d'un certain seuil est considéré en tant que pixel d'objet et, en dessous de ce seuil, en tant que pixel de fond (ou vice versa). Si l'éclairage n'est pas constant, il se peut que la segmentation ne soit pas optimale pour chaque image et qu'une partie des pixels soit attribuée à la mauvaise classe (objet/fond), même si la valeur seuil est déterminée automatiquement. Cela peut donner lieu à des mesures erronées. Il est par conséquent souhaitable de vérifier les résultats de la segmentation en jetant un rapide coup d'œil aux images binaires segmentées.

11.3.4 Il arrive fréquemment que seule une silhouette ou seul un contour du matériel végétal soit nécessaire comme pour la taille et la forme par exemple. Dans ce cas-là, il est souvent conseillé d'utiliser un éclairage de fond comme une boîte à lumière. Cela accentuera le contraste entre le fond et l'objet tout en rendant le résultat de la segmentation beaucoup moins tributaire de la valeur seuil.

11.3.5 Il convient de s'assurer que l'éclairage est réparti de façon homogène sur l'image. Les parties plus foncées de l'image peuvent en effet donner lieu à une segmentation erronée et, par conséquent, aboutir à des mesures incorrectes et incomparables, en particulier lorsque de multiples objets sont enregistrés dans la même image.

11.3.6 S'agissant des couleurs et configurations (panachure ou blush) sur la partie de la plante, il est essentiel que l'éclairage soit fait correctement et vérifié régulièrement, de préférence pour chaque image. Dans ce cas-là, l'étalonnage de l'éclairage peut être effectué en enregistrant (une partie du) un code de couleurs standard dans l'image. Des algorithmes spéciaux sont disponibles pour tenir compte des changements de couleur dus à différentes conditions d'éclairage mais il arrive souvent que la correction cause une perte de précision.



11.3.7 La source de lumière influe considérablement sur la couleur observée dans l'image. Pour la couleur en particulier, le type de source de lumière est important. Dans nombre de cas, la couleur et l'intensité des lampes changent durant leur réchauffement, ce pour quoi il faut les laisser chauffer suffisamment avant de commencer les enregistrements. Si des tubes fluorescents sont utilisés, il convient de vérifier régulièrement qu'ils ont plus ou moins la même intensité/couleur, car ils peuvent changer assez rapidement avec l'âge. Des tableaux d'étalonnage peuvent être utilisés à cet effet.

11.3.8 En particulier lorsqu'on enregistre des objets brillants comme les pommes ou certaines fleurs, il faut tenir compte de la réflexion spéculaire. Il n'est en effet pas possible de mesurer de manière fiable des objets ayant des taches spéculaires. Dans ces cas-là, il convient de recourir à un éclairage uniforme et indirect, utilisant pour ce faire des enceintes de lumière spéciales.



11.3.9 Des caméras (couleur) et des scanners peuvent être utilisés pour l'enregistrement des images. Le choix dépend de l'application et de la préférence de l'utilisateur. D'autres systèmes plus avancés comme les caméras 3D ou les caméras hyperspectrales ne sont pas encore utilisés dans l'examen standard des variétés végétales.

11.3.10 En règle générale, l'analyse d'images est utilisée pour automatiser la mesure des caractères décrits dans les principes directeurs d'examen de l'UPOV. Dans ce cas-là, le but est de remplacer une mesure manuelle par une mesure informatisée. Cela requiert un étalonnage supplémentaire outre celui de l'enregistrement des images. Les mesures peuvent ensuite être vérifiées à l'aide de mesures manuelles à des fins de cohérence, au moyen par exemple d'un graphique de mesure manuelle contre informatique avec une ligne de régression et la ligne $y=x$.

11.3.11 Dans certains cas, l'analyse d'images nécessite une définition mathématique et plus précise du caractère que celle qui est exigée pour les experts humains. C'est ainsi par exemple que la longueur de la gousse peut être redéfinie comme étant la longueur médiane de la gousse, à l'exclusion de la tige. Dans ces cas-là, il est absolument nécessaire de vérifier les différences de comportement des différents génotypes (biais). La mesure pour quelques génotypes peut être exactement la même alors que, pour d'autres, il se peut qu'une différence systématique soit présente. Un bon exemple est celui de la détermination de la hauteur du bulbe dans les oignons (van der Heijden, Vossepoel et Polder, 1996), où le sommet du bulbe a été défini comme le point de flexion de l'épaule. Aussi longtemps qu'une modification ou une précision de la définition d'un caractère est connu et pris en compte, cela n'est pas un problème. En général, il est souhaitable de consulter les experts de l'espèce pour redéfinir un caractère et de vérifier s'il pourrait s'avérer nécessaire d'apporter une légère modification aux principes directeurs.

11.3.12 Dans certains cas, l'objet comprend différentes parties qui doivent être mesurées séparément comme par exemple la gousse, le bec et la tige d'une gousse de haricot. Il faut un algorithme spécial pour séparer les différentes parties (distinguer la tige et le bec de la gousse), ce qui doit être expérimenté sur un grand nombre de génotypes dans la collection de référence pour s'assurer que l'application est robuste sur l'éventail tout entier des expressions.

11.3.13 Les caractères liés à la forme peuvent également être mesurés avec l'analyse d'images, laquelle est cependant limitée aux caractères qui figurent déjà dans les principes directeurs d'examen, par exemple en définissant la forme comme étant le rapport longueur/largeur.

11.3.14 Bien que la couleur soit un caractère type de l'UPOV et bien qu'elle puisse être mesurée par l'analyse d'images, elle n'est pas souvent utilisée. Dans la plupart des cas, les experts de l'espèce continuent de s'appuyer sur l'observation visuelle avec le code RHS des couleurs.

11.4 Conclusions

11.4.1 L'analyse d'images est utilisée pour effectuer des mesures et pour automatiser, en partie du moins, l'évaluation des caractères. Elle nécessite une définition claire et précise du caractère, une informatisation au moyen de logiciels existants ou développés en interne, une bonne préparation d'échantillons, la vérification des procédures en vigueur ainsi qu'un étalonnage et une normalisation adéquats. Par conséquent, elle nécessite souvent un investissement qui ne peut être rentable comparé à l'évaluation manuelle des caractères que s'il porte sur un grand nombre de mesures ou sur des mesures dont l'évaluation par l'examineur est

difficile et chronophage. Dans le cas d'organes de petite taille comme la taille des semences par exemple, l'analyse d'images sera plus précise et plus fiable.

11.4.2 L'analyse d'images offre la possibilité de stocker des informations. Les images peuvent en effet être enregistrées et analysées à un stade ultérieur afin d'éviter les heures de pointe et elles peuvent être extraites à un stade ultérieur également afin de comparer des variétés en cas de doute par exemple.

11.4.3 De nos jours, l'analyse d'images est surtout utilisée pour déterminer les caractères que sont la forme et la taille mais, avec la mise au point de techniques, il sera possible de l'utiliser pour déterminer dans l'avenir un plus large éventail de caractères standard de l'UPOV.

11.5 Bibliographie

Van der Heijden, G., A. M. Vossepoel & G. Polder (1996) Measuring onion cultivars with image analysis using inflection points. *Euphytica*, 87, 19-31.

12. EXAMEN DES CARACTÈRES SUR LA BASE D'ÉCHANTILLONS GLOBAUX

Des observations doivent porter sur les critères ci-après lors de l'examen des caractères sur la base d'échantillons globaux :

- a) le caractère devrait remplir les conditions relatives à un caractère, énoncées dans l'Introduction générale à l'examen de la distinction, de l'homogénéité et de la stabilité et à l'harmonisation des descriptions des obtentions végétales' (voir la section 4.2.1 du document TG/1/3),
- b) des informations devraient être disponibles sur le déterminisme génétique du caractère,
- c) la pertinence du caractère devrait être validée par une évaluation initiale de l'homogénéité à partir de plantes isolées,
- d) des informations devraient être fournies sur la variabilité entre plantes et leurs différences au cours des cycles de végétation (données extraites de mesures de routine relatives à un caractère sur plusieurs années),
- e) une description complète de la méthode d'évaluation devrait être fournie,
- f) la détermination des niveaux d'expression devrait être fondée sur la variation existante entre les variétés et tenir compte de l'influence de l'environnement.

[Fin du document]