



ÉTATS MEMBRES DE LA CEDEAO, DE L'UEMOA OU DU CILSS

Protocole d'expérimentation multilocale

Manioc

Manihot esculenta Crantz

Essais de Valeur Agronomique, Technologique et Environnementale (VATE)



Source : INERA

Juillet 2021

Sommaire

I.	Introduction	2
II.	Conditions de réalisation et de conduite d'essais	4
2.1.	Mise à disposition des semences pour essais	4
2.2.	Dispositifs expérimentaux	4
2.3.	Mise en place d'un essai	4
2.3.1.	Choix du lieu d'implantation de l'essai	4
2.3.2.	Préparation de la plantation	5
2.3.3.	Taille et identification des parcelles élémentaires	5
2.3.4.	Précédent cultural	5
2.3.5.	Plantation et peuplement	5
2.4.	Conduite de la culture	6
2.4.1.	Lutte contre l'enherbement	6
2.4.2.	Fertilisation	6
2.4.3.	Protection phytosanitaire	6
2.4.4.	Autres pratiques	6
2.5.	Notations	6
2.5.1.	<i>Notations relatives au développement de la culture</i>	7
2.5.1.1.	<i>La date de reprise</i>	7
2.5.1.2.	<i>Le peuplement à la reprise</i>	7
2.5.1.3.	<i>La Vigueur des plants</i>	7
2.5.1.4.	<i>La hauteur des plantes</i>	7
2.5.1.5.	<i>La maturité des plantes</i>	7
2.5.2.	<i>Notations des Facteurs de Régularité du Rendement (FRR)</i>	8
2.5.2.1.	<i>Estimation de la sensibilité aux FRR biotiques</i>	8
2.5.2.2.	<i>Estimation de la sensibilité aux FRR abiotiques</i>	9
2.6.	Récolte et post-récolte	9
2.6.1.	La détermination de la teneur en eau	9
2.6.2.	Le prélèvement de l'échantillon moyen	10
2.6.3.	L'analyse du rendement et de ses composantes	10
2.6.4.	Les tests technologiques	12
2.6.5.	Les tests de valeur environnementale	13
2.7.	Centralisation des informations et exploitation des résultats	13
2.7.1.	Analyse statistique	13
2.7.2.	Règles décisionnelles	13
2.7.3.	Transmission de rapports au CNS	14
	DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX	1
	CODE DÉCIMAL POUR LES STADES DE CROISSANCE	2
	ÉCHELLE DE NOTATION VISUELLE	2

I. Introduction

Les semences ou plants d'une variété d'espèce végétale ne peuvent être commercialisés au niveau régional que si la variété est inscrite au catalogue régional des espèces et variétés végétales – CREVAO (cf. Articles 70 vs 68 des règlements C/REG.4/05/2008 de la CEDEAO et N° 03/2009/CM/UEMOA). Cette inscription suit des règles de procédures bien précises qui garantissent que les variétés végétales commercialisées disposent bien des caractéristiques qui figurent dans la fiche descriptive de chacune de ces variétés. Toute variété végétale candidate à l'inscription, doit être examinée par un service désigné du ministère en charge de l'agriculture de l'État membre, ci-après dénommée « Comité National des Semences végétales et plants » (CNS). Ce service désigné peut conduire les examens lui-même ou les confier à un organisme spécialisé dans l'analyse de la variabilité génétique des plantes qui est, le plus souvent, un service national de recherches agricoles – SNRA (cf. Article 18.a) du Règlement d'exécution portant organisation du CREVAO).

Deux types d'épreuves sont conduits pour s'assurer que la variété candidate remplit bien les conditions définies par la réglementation nationale d'inscription des variétés végétales au catalogue national. Il s'agit de : i) l'examen des caractères distinctifs, de l'homogénéité et de la stabilité (épreuve des caractères d'identification ou DHS) et ii) l'examen de la valeur agronomique, technologique et environnementale (épreuve de valeur d'utilisation ou VATE) – (cf. Article 6 du Règlement d'exécution portant organisation du CREVAO).

La VATE porte sur l'étude :

- a) du rendement et de ses composantes ;
- b) des facteurs de régularité du rendement (FRR), en particulier :
 - i) les contraintes biotiques (maladies, ravageurs, etc.), et
 - ii) les contraintes abiotiques (environnement climatique, édaphique, etc.) ;
- c) de la valeur technologique ou d'utilisation :
 - i) la qualité organoleptique ;
 - ii) la valeur industrielle ;
 - iii) la valeur nutritionnelle ;
- d) de la valeur environnementale, à savoir, l'aptitude de la variété végétale candidate à s'adapter aux itinéraires techniques limitant les effets néfastes sur l'environnement:
 - i) l'eau (variété tolérante à la sécheresse) ;
 - ii) les engrais (variété très peu consommatrice d'engrais chimiques) ;
 - iii) les pesticides (variété résistante/tolérante aux FRR biotiques)
 - iv) Les pratiques agricoles (modes de travail du sol, etc.).

L'étude du rendement est réalisée à travers le réseau national d'expérimentation multilocale (RNEM), regroupant des essais implantés dans des stations du SNRA, des services régionaux de développement rural (SRDR) et d'autres établissements agricoles (centres de formation, coopératives, etc.). Même confiés au SNRA, les essais, en vue de l'inscription des variétés végétales au catalogue, restent sous la responsabilité du CNS. En étroite collaboration avec le SNRA, le CNS assure l'organisation et la programmation des essais, leur homologation et l'exploitation des résultats. Le réseau comporte selon les spécificités de la culture étudiée, au moins deux zones agroécologiques, avec un nombre d'essais variant de 7 à 21.

Les essais doivent être réalisés dans le strict respect des protocoles approuvés par le groupe d'experts, mis en place par le CNS. Ce groupe fournit au Conseil des avis scientifiques et techniques.

L'étude des FRR intervenant dans l'expression du rendement et de ses composantes, est réalisée, d'une part, au travers d'essais spécifiques sur une des stations de recherche du SNRA ainsi que sur certaines implantations choisies en fonction de leurs caractéristiques agro-climatiques, leurs possibilités expérimentales et leurs compétences particulières et, d'autre part, sur l'ensemble des essais du RNEM.

L'étude des caractéristiques technologiques doit permettre de définir les possibilités d'utilisation d'une variété végétale, à savoir, par exemple, l'aptitude d'une variété de manioc à être transformée en semoule (Attiéké / Gari), etc. Ces caractéristiques, qui interviennent dans les décisions d'inscription d'une variété, découlent d'analyses effectuées sur les essais du RNEM, et font l'objet de protocoles technologiques spécifiques mis en œuvre dans des laboratoires spécialisés (ex. : l'Institut de Technologie Alimentaire).

L'étude de la valeur environnementale est également réalisée au travers un réseau spécifique représentatif des différentes pratiques culturelles du pays, en tenant compte de la diversité des itinéraires techniques de production du manioc, en termes d'exigence en intrants agricoles (eau, engrais, pesticides), y compris les pratiques culturelles. Une attention sera portée aux variétés végétales candidates disposant d'une aptitude à s'adapter aux itinéraires techniques limitant les effets néfastes sur l'environnement.

Les variétés nouvelles sont expérimentées dans différentes zones agroécologiques du pays. À chaque étape de cette expérimentation, il est fait référence à des variétés témoins connues pour leur régularité de comportement d'une année à l'autre : témoins de rendement (choisis parmi les variétés les plus multipliées l'année précédente), témoins spécifiques pour l'étude des FRR et témoins de qualité technologique, etc.. Ces témoins sont définis annuellement par le groupe d'experts du CNS.

Ce document du CNS fournit des indications sur les conditions de réalisation et de conduite conformes et harmonisées de l'épreuve de la VATE des variétés de manioc candidates à l'inscription au catalogue national des espèces et variétés végétales d'un État membre tel qu'exigé par les règlements semenciers Régionaux Harmonisés. Il s'articule autour des points ci-après : (i) Mise à disposition des semences pour essais, (ii) Dispositifs expérimentaux, (iii) Mise en place d'un essai, (iv) Conduite de la culture, (v) Notations, (vi) Récolte et post-récolte (vii) Centralisation des informations et exploitation des résultats.

II. Conditions de réalisation et de conduite d'essais

2.1. Mise à disposition des semences pour essais

Les listes variétales sont composées des nouvelles variétés du manioc en étude VATE et des variétés témoins définies annuellement par zone agroécologiques. Dans certains cas, des variétés inscrites sont ajoutées aux listes officielles avec l'accord du groupe d'experts du CNS. Lorsque le nombre de variétés du manioc en étude est trop élevé, la liste peut être subdivisée en séries variétales. Les listes variétales sont identiques pour l'ensemble du réseau concerné.

Le CNS reçoit, traite, conditionne et expédie au SNRA, expérimentateur, les lots de semences, regroupés par essai et série variétale.

Tout ajout de variétés doit être soumis à l'approbation du CNS, seul habilité à modifier (ajout, retrait) cette liste variétale.

Le doublement de variétés en étude dans l'essai au titre de parcelles de bordure ou de parcelles de « bouchage » est interdit. Dans ce cadre, seules les variétés témoins ou inscrites peuvent être utilisées.

2.2. Dispositifs expérimentaux

Le dispositif expérimental est fonction : (i) du nombre de facteurs étudiés, (ii) du nombre de gradients d'hétérogénéité (potentiels ou réels) et (iii) des contraintes liées à l'expérimentation (mise en place, conduite, observations, etc.).

Dans tous les essais officiels, l'objectif est l'estimation du rendement des variétés. Le facteur "variété" est le facteur principal. Il est complété dans certains cas, par l'étude d'un deuxième facteur : le facteur "traitement phytosanitaire" par exemple, afin d'apporter des informations sur les relations entre le facteur "variété" et ce deuxième facteur.

Selon les espèces considérées, les dispositifs adoptés dans le cadre des essais du RNEM peuvent être les suivants (Annexe 1) :

- i) 1 facteur étudié + aucun gradient d'hétérogénéité = en bloc complet randomisé ;
- ii) 1 facteur étudié + 1 gradient d'hétérogénéité = en bloc (Fisher)
- iii) 1 facteur étudié + 2 gradients d'hétérogénéités perpendiculaires = en carré latin
- iv) 2 facteurs étudiés + 1 gradient d'hétérogénéité = en factoriel bloc
- v) 2 facteurs étudiés + 1 gradient d'hétérogénéité + 1 contrainte = en split-plot
- vi) 2 facteurs étudiés + 1 gradient d'hétérogénéité + des contraintes = en criss-cross

Les essais à un facteur étudié (facteur variété) doivent compter au minimum 4 blocs. Les essais à deux facteurs étudiés comporteront au minimum 2 blocs par niveau. Dans la mesure du possible, pour des raisons d'analyse des résultats et de validation d'essai, il est recommandé de mettre en place 3 blocs par niveau.

La mise en place d'essais avec deux facteurs d'étude, a pour but d'apprécier la productivité d'une variété, avec et sans protection chimique contre les maladies cryptogamiques.

2.3. Mise en place d'un essai

2.3.1. Choix du lieu d'implantation de l'essai

L'essai est implanté dans un champ représentatif de la zone agro-pédo-climatique pour le manioc, et d'accès facile pour les visites des experts du CNS. La parcelle retenue doit être aussi homogène que possible. Il est impératif d'avoir une bonne connaissance de la parcelle (nature du sol et du sous-sol, remembrement, drainage, rotation, façons culturales et en particulier la fumure, etc.) et bannir tout emplacement susceptible de présenter un risque d'hétérogénéité, tel

que des différences de profondeur de sol, différents précédents cultureux, la proximité d'une haie, etc. Dans la mesure du possible, l'essai doit être installé sur une parcelle bien nivelée.

2.3.2. Préparation de la plantation

Toutes les façons superficielles précédant la plantation seront effectuées sur un sol parfaitement nivelé et perpendiculairement au sens prévu pour les lignes de plantation, de sorte que toutes les parcelles d'un même bloc soient influencées de la même façon par le travail du sol (passage des roues en particulier).

Il faut au manioc un sol à la structure assez meuble pour faciliter l'enracinement initial et permettre la tubérisation des racines. Pour toutes ces raisons, la plantation se fait en général sur un sol ameubli et profond. La plantation se fait sur des buttes ou des billons préparés à la main ou même à plat sur sol léger.

2.3.3. Taille et identification des parcelles élémentaires

La surface parcellaire recommandée est de 20 à 30 m². Dans ces conditions, des parcelles élémentaires (PE) de 4 à 6 rangs, avec un écartement dans la ligne compris entre 50 et 100 cm sur une longueur minimale de 5 m, permettent une surface récoltable d'environ 10 à 20 m². Pour limiter efficacement les effets de compétition (dus aux parcelles environnantes) et les effets de bordure (dus aux écartements entre parcelles qui sont plus importants que les écartements entre les rangs), il est recommandé de récolter la partie centrale des parcelles en laissant deux rangs de bordure non récoltés de chaque côté. Ainsi, semer 4 rangs sur une longueur de 5 mètres et récolter les 2 rangs centraux paraît une solution satisfaisante. La surface totale d'une parcelle est alors d'environ 4 m x 5 m = 20 m² et la surface récoltée d'environ 2 m x 5 m = 10 m².

On veillera à réduire les écarts inter-parcelles au minimum strictement nécessaire pour permettre le passage. Par ailleurs, les dimensions des parcelles sont définies par l'expérimentateur en fonction de l'équipe utilisée pour la conduite de l'essai (plantation, récolte, etc.).

Chaque bloc de l'essai est encadré par des parcelles de bordure. Les parcelles "manquantes" à la suite d'un problème à la plantation doivent être replantées de préférence avec la variété utilisée pour la bordure, sinon avec une variété inscrite.

2.3.4. Précédent cultural

Le précédent doit être classique pour une région donnée et permettre l'implantation des essais dans de bonnes conditions.

Il est recommandé de n'introduire les plantes à racines et tubercules dans la rotation que tous les quatre ans, voire plus, à cause des repousses et pour empêcher l'accroissement ou le maintien des parasites du sol (rhizoctone, gale commune, nématodes à kystes, etc.).

2.3.5. Plantation et peuplement

Toutes les parcelles d'un essai sont semées ou plantées le même jour. Les dates de semis ou plantation se situent dans la moyenne régionale. Les peuplements désirés à la reprise doivent être semblables pour toutes les variétés. Les quantités de boutures parcellaires seront calculées avec précision : (i) compte tenu de la densité et de la surface effectivement plantée. Cette surface est supérieure à la surface parcellaire récoltable (alignement en cours de végétation).

Dans le cas de la plantation du manioc, 10000 boutures correspondent à la dose de semis pour la plantation d'un ha. Les dates de plantation et les densités de peuplement doivent se situer dans la moyenne régionale. Les boutures utilisées en plantation ont une longueur de 25 à 30 cm avec au moins 5 nœuds. La densité de plantation est de 100 cm entre lignes et de 100 cm dans la ligne, à raison d'une bouture par poquet. On le plante au début de la saison des pluies, et la récolte s'effectue vers la fin de la saison sèche.

2.4. Conduite de la culture

Les pratiques culturales sont celles en vigueur dans la zone d'expérimentation)

2.4.1. Lutte contre l'enherbement

On veillera à avoir une parcelle propre dans laquelle les adventices ne devront, en aucun cas, avoir d'influence sur le jugement des variétés. Les herbicides pouvant présenter une toxicité pour certaines espèces ou variétés sont évidemment à proscrire. Cependant les doses prescrites par la recherche pour le traitement des adventices spécifiques au manioc seront appliquées conformément aux pratiques recommandées pour la zone d'expérimentation.

2.4.2. Fertilisation

Le chercheur veillera à assurer une fertilisation optimale de ses essais dans le respect des pratiques recommandées de la zone d'expérimentation.

Le niveau de la fertilisation azotée est calculé selon la méthode des bilans. La dose est identique sur l'ensemble de l'essai.

Une quantité suffisante d'azote est nécessaire pour le développement végétatif du manioc. Cependant, une application excessive de l'azote, sans application simultanée de phosphate et en particulier de la potasse, peut favoriser la croissance des feuilles et des tiges sans augmentation correspondante du rendement en tubercules, ou même, peut entraîner une baisse des rendements en tubercules. Un équilibre entre l'azote et le potassium dans le mélange d'engrais est important pour la fertilisation du manioc. La dose d'engrais est apportée en 2 étapes :

- 1^{er} apport un mois après plantation ;
- 2^e apport 2 à 3 mois après plantation.

2.4.3. Protection phytosanitaire

Le chercheur veillera à assurer une protection phytosanitaire optimale de ses essais dans le respect des pratiques recommandées de la zone d'expérimentation.

Pour les essais à deux niveaux de facteur dont le second facteur est un traitement phytosanitaire, les parcelles traitées le sont avec les produits préconisés annuellement, à partir des recommandations du SNRA, afin de viser l'objectif d'une protection uniforme et totale de l'essai.

2.4.4. Autres pratiques

Concernant les autres pratiques culturales, les principes généraux d'expérimentation ne diffèrent pas de ceux appliqués aux autres espèces, à savoir :

i) la place dans la rotation, la fertilisation, le choix du lieu d'implantation de l'essai, etc. doivent tenir compte des précédents culturaux, des hétérogénéités éventuelles du sol et du sous-sol, de tous les facteurs susceptibles de créer des conditions défavorables ;

ii) les caractères étudiés sont mesurés et notés avec précision afin de limiter au mieux toute erreur systématique ;

iii) les méthodes, dispositifs et méthodes expérimentaux doivent être semblables en tous lieux, en vue de faciliter les regroupements et de mieux comparer les résultats.

2.5. Notations

Les observations ci-dessous sont toutes importantes. Elles vont contribuer à l'appréciation de la valeur agronomique des essais, notamment le rendement et ses composantes

et fournir des renseignements complémentaires sur la sensibilité de la variété végétale candidate aux FRR.

Les notations doivent être effectuées sur 2 blocs au minimum, si le caractère observé est exprimé de manière homogène sur l'essai. Dans le cas contraire, elle doit être faite sur l'ensemble des blocs.

2.5.1. Notations relatives au développement de la culture

Pour la détermination des stades de développement, on se référera à l'Échelle BBCH des stades phénologiques des espèces à racines ou tubercules (Feller et al, 1995) (Annexe 2).

L'échelle BBCH des stades phénologiques est une échelle de notation des différents stades de développement. Précises et relativement simples, elles ont en outre la qualité de détailler les périodes à forte activité physiologique.

2.5.1.1. La date de reprise

Elle correspond à la date à laquelle la plupart des lignes sont visibles. Elle est exprimée en centième de l'année civile.

2.5.1.2. Le peuplement à la reprise

Un premier comptage de plantes se fait au moins sur les variétés témoins, au moins 15 jours après plantation. Le peuplement est calculé à partir des dénombrements de pieds trouvés par parcelle élémentaire sur les 2 rangs centraux, sur 2 répétitions si la reprise est régulière. En cas d'irrégularité de reprise, les comptages doivent être effectués aussi sur les variétés concernées, et sur toutes les répétitions. Le choix des placettes est fait au hasard. Deux données sont nécessaires : le nombre de plantes comptées et la surface de comptage afin de déterminer le nombre de plantes/m². S'il n'y a pas de problème de reprise, le peuplement peut aussi être estimé par notation visuelle (note de 1 à 9) de l'ensemble des parcelles de l'essai. Il exprime alors le pourcentage de plantes ayant repris par rapport au peuplement souhaité (**annexe 3 - tableau 1**).

2.5.1.3. La Vigueur des plants

La vigueur de la patate douce est une caractéristique de l'adaptation aux conditions du milieu. Elle se mesure en étapes soit 1 mois après plantation et 1 mois plus tard suivant une échelle de 1 à 5.

Note	Explication
1	Faible
3	Moyenne
5	Elevé

2.5.1.4. La hauteur des plantes

Les mesures sont effectuées sur toutes les variétés à la récolte sur 3 ou 4 répétitions ; elles sont exprimées en centimètres.

2.5.1.5. La maturité des plantes

L'estimation du stade de maturation des parcelles traduit la précocité à maturité de chaque variété. La notation visuelle est effectuée en un seul passage autour du stade senescence des feuilles ou fissuration du sol. (**annexe 3 - tableau 2**).

2.5.2. Notations des Facteurs de Régularité du Rendement (FRR)

Ces notations traduisent l'estimation visuelle du degré d'attaque d'une parcelle par une maladie, un parasite ou de l'étendue des dégâts dus à un accident climatique. Les échelles de notation vont de 1 à 9 pour tous les caractères qualitatifs observés.

9 = Très sensible
1 = Résistant ou indemne

Les notations devront obligatoirement mentionner la date et le stade des plantes au moment de la notation.

Les notations doivent être effectuées sur **2 blocs au minimum**, si le caractère observé est exprimé de manière homogène sur l'essai. Dans le cas contraire, elle doit être faite sur l'ensemble des blocs. Les échelles de notation à utiliser sont décrites en (**annexe 4**).

2.5.2.1. Estimation de la sensibilité aux FRR biotiques

La variété végétale candidate peut être sensible aux FRR biotiques (attaques de maladies liées aux virus, aux bactéries et aux champignons ou aux nématodes, aux insectes, aux acariens et autres ravageurs) qui peuvent engendrer des dégâts. Ces dégâts sont notés sur l'ensemble de la plante, en utilisant la même échelle. L'expérimentateur signalera une attaque éventuelle de son essai et effectuera une notation visuelle, **avec l'assistance des phytopathologistes et entomologistes**.

Pour la plupart des espèces, certaines résistances aux bioagresseurs sont étudiés dans des **milieux contrôlés** (laboratoire et serres du SNRA, serres de toute autre structure nationale compétente, champs avec contamination par la maladie étudiée, etc.).

Les FRR biotiques majeurs spécifiques à la culture de manioc, pour lesquelles une notation devra être faite, sont ci-après listés :

- i) maladies virales :**
 - Mosaïque du manioc (*Cassava Mosaic Disease*)
 - Maladie de la striure brune du manioc (*Cassava Brown Streak Disease*) ;
- ii) maladies bactériennes :**
 - *Xanthomonas axonopdis pv manihotis* ;
- iii) maladies cryptogamiques :...**
 - Anthracnose (*Colletotrichum gloeosporoides f.sp. manihotis Glomerella*) ;
- iv) maladies liées aux nématodes :**
 - *Meloidogyne* spp. ... ,
 - *Pratylenchus brachyurus* ;
- v) maladies liées aux insectes :**
 - Mouche blanche (*Bemisia tabaci*)... ,
 - Cochenilles (*Phenacoccus manihoti*)... ,
 - Punaise (*Vatiga manihotae*) ;
- vi) maladies liées aux acariens :**
 - Acarien vert (*Mononychellus tanajoa*) ;
- vii) Les adventices**
 - Le chiendent (*Elymus repens*)
 - Souchet rond ou cyperus à fleur jaune (*Cyperus tuberosus*) ;
 - Souchet rond ou cyperus à fleur rouge (*Cyperus rotundus*) ;
- viii) autres ravageurs de la culture :**
 - Les écureuils (*Sciuridae sp*)... ,

- Les singes (*Simiiformes sp*) ..., ...,...,....

2.5.2.2. Estimation de la sensibilité aux FRR abiotiques

La variété végétale candidate peut être sensible aux FFR abiotiques (climat, verse, photosensibilité, toxicités édaphiques) qui peuvent aussi engendrer des dégâts dits climatiques ou physiologiques.

Les FRR abiotiques majeurs spécifiques à la culture de manioc, pour lesquelles une notification devra être faite, sont ci-après listés :

i) **sensibilité aux températures extrêmes**

- forte ;
- basse ;

ii) **sensibilité à la verse**

Les notations doivent être faites dès que la verse vient de se produire et sur toutes les répétitions.

9 = très sensible (complètement versé) 1 = très résistant (aucune verse)

iii) **Photosensibilité**

- aphotique ;
- indifférente ;
- de jours courts ou nyctipériodique ;
- de jours longs ou héméro périodique ;

iv) **Toxicités édaphiques et autres dégâts divers**

- sel ;
- fer ;
- zinc ;
- cuivre ;
- magnésium ;
- aluminium ;

v) **etc.**

2.6. Récolte et post-récolte

La récolte d'un essai se fait à maturité des variétés témoins et dans la même journée (en cas d'impossibilité d'achever la récolte d'un essai, il faut interrompre le chantier à la fin d'un bloc). Pour le manioc, la récolte se fait manuellement à la maturité physiologique, i.e. à environ 8 à 12 mois après plantation en fonction de la variété et du système de production.

L'organisation de l'activité de récolte et de pesée, le réglage du matériel, sont les opérations élémentaires qui conditionnent la valeur finale de l'essai.

2.6.1. La détermination de la teneur en eau

Cette mesure de l'humidité de la racine tubéreuse, qui doit être effectuée dans les heures qui suivent la récolte, est indispensable pour l'estimation du taux de matière sèche des racines tubéreuses.

La teneur en eau est déterminée pour chaque parcelle élémentaire ou à défaut sur un échantillon par variété et par niveau du facteur "traitement", constitué à partir de toutes les répétitions d'un même niveau du facteur "traitement".

La méthode de dosage recommandée est d'éplucher et de couper 5 kg de racines tubéreuses par parcelle élémentaire en petits morceaux et peser pour obtenir le frais poids. Ensuite, placer 200 g de morceaux de racines tubéreuses au four ou à l'étuve à 105°C pendant 24 heures. Après cela, peser à nouveau pour déterminer le poids sec.

2.6.2. Le prélèvement de l'échantillon moyen

Certains essais du RNEM font l'objet d'analyses statistiques, de tests de valeur technologique et environnementale. L'expérimentateur est informé en cours de campagne si son essai est concerné pour ces analyses. L'échantillon prélevé pour ces analyses et tests doit être représentatif de chaque variété végétale (échantillon moyen), à partir de la récolte de toutes les répétitions.

2.6.3. L'analyse du rendement et de ses composantes

Le rendement du manioc est la combinaison de plusieurs composantes. Ces dernières comprennent : (i) le nombre de plants par unité de surface (le m² est normalement utilisé), (ii) le nombre de racines tubéreuses par plant, et (iii) le poids moyen d'une racine tubéreuse. Chacune d'elles s'élabore au cours d'une phase différente du cycle de la culture. Elles interagissent donc en cascade, sous l'influence supplémentaire du milieu (climat, sol, conduite culturale).

Le rendement se met en place tout au long du cycle de production, au travers de plusieurs composantes. De manière générale, ces composantes entrent en concurrence entre elles, mais l'intensité de cette concurrence va dépendre des conditions de croissance (rayonnement, eau, azote) et de la variété. Elles sont ci-après présentées, en vue de l'estimation du rendement des variétés végétales de manioc.

- **Le nombre de plants par m² (poquets/m²)**

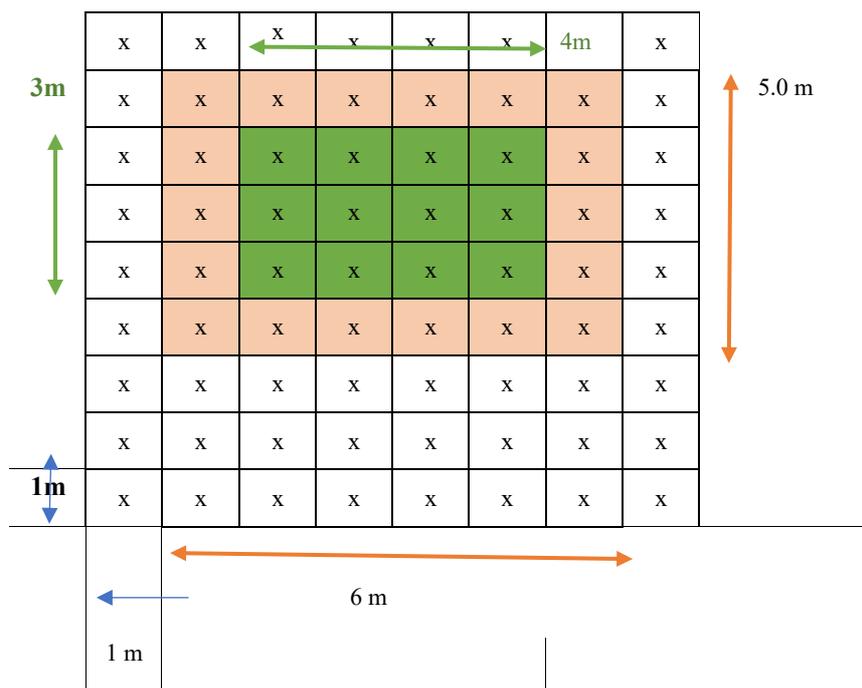
Le nombre de plants/m² est déterminé à la plantation. Récolter et compter l'échantillon par parcelle élémentaire.

Le nombre de plants/parcelle élémentaire doit être compté comme indiqué par la figure 1 ci-après. Les côtés du cadre devraient être à mi-chemin entre les rangées. Ainsi, dans une parcelle aux écartements de 100 cm x 100 cm, le nombre de plants est compté sur les 2 lignes centraux. Le nombre de plants/m² est également utilisé pour mesurer le rendement à la récolte.

En fonction de l'architecture du plant le manioc peut également se planter à des écartements de :

- 1m x 0,8 m pour les variétés à tige principale moins ramifiées
- 0,80 m x 0,80 pour les variétés sans ramification de la tige principale

Fig. 1 : Comment compter le nombre de plants par unité de surface (m²)



PE : 6m x 5m = 30 m²

Nombre de plans de la parcelle élémentaire : 6 x 5 : 30 plants

PU : 4m x 3 m = 12 m²

Nombre de plants à récolter (sur PU): 4 x 3 = 12 plants

- **Le nombre de racines tubéreuses par plant (racines tubéreuses /plant)**

Dans le cas des méthodes de plantation en ligne : nous comptons d'abord le nombre total de racines tubéreuses qui ont été récoltées que nous allons diviser par le nombre de plants ou mieux par la surface récoltée (panicule par m²)

- **Le poids moyen d'une racine tubéreuse**

Le poids moyen d'un tubercule est généralement utilisé. Il est déterminé par le poids des tubercules par plant divisé par le nombre total de tubercules par plant. Il est calculé pour chaque variété et pour chaque répétition selon la formule suivante :

$$\text{Poids moyen d'une racine tubéreuse} = \frac{\text{Poids des racines tubéreuses produits par plant}}{\text{nombre de racines tubéreuses par plant}}$$

- **Le calcul du rendement estimé sur la base de ses composantes**

Le rendement et ses composantes sont, dans un premier temps, estimés sur une superficie de 1 m² (g/ m²). En multipliant les trois composantes du rendement ci-dessus listés, le rendement est ainsi déterminé sur 1 m². Ensuite, le rendement estimé pour un hectare (10 000 m²) est obtenu en multipliant le rendement estimé sur 1 m² par 10 000 m², comme indiqué dans l'exemple ci-dessous.

Exemple : Si les valeurs estimées des composantes du rendement du manioc sont :

- le nombre de plants par m² ;
- le nombre de racines tubéreuses par plant
- le poids moyen d'une racine tubéreuse,

alors

$$\text{Le rendement estimé/m}^2 = \frac{\text{Nb plants}}{\text{m}^2} \times \frac{\text{Nb tubercules}}{\text{plant}} \times \frac{\text{Poids}}{\text{tubercule}}$$

$$\text{Le rendement estimé/ha} = \frac{\text{Nb plants}}{\text{m}^2} \times \frac{\text{Nb tubercules}}{\text{plant}} \times \frac{\text{Poids}}{\text{tubercule}} \times 10000$$

Exemple : Si les valeurs estimées des composantes du rendement de la patate douce sont :

- le nombre de plants par m² : 1 ;
- le nombre de tubercules par plant : 4 ;
- le poids moyen d'un tubercule =500 grammes

$$\text{Le rendement estimé/m}^2 = \frac{1}{\text{m}^2} \times \frac{5}{\text{plant}} \times \frac{500}{\text{tubercule}} = 2500$$

$$\text{Le rendement estimé/ha} = \frac{1}{\text{m}^2} \times \frac{5}{\text{plant}} \times \frac{500}{\text{tubercule}} \times 10000 = 25\text{T/ha}$$

2.6.4. Les tests technologiques

Pour le manioc, les caractères suivants sont généralement examinés dans le cadre des tests technologiques :

- Teneur en matière sèche
- Teneur en amidon
- Teneur en acide cyanhydrique
- Détérioration physiologique post-récolte
- Aptitude au pilage
- Dislocation de la racine tubéreuse bouillie
- Apparence de la racine tubéreuse bouillie
- Couleur de la chair de la racine tubéreuse séchée (Cossette)
- Texture de la racine tubéreuse bouillie
- Goût de la racine tubéreuse bouillie

2.6.5. Les tests de valeur environnementale

Dans l'objectif de limiter les impacts négatifs des productions agricoles sur l'**environnement**, une attention particulière est apportée à l'adaptation de la variété candidate aux conditions environnementales et de culture, à l'efficacité vis-à-vis de l'eau et l'azote ainsi qu'aux résistances aux bioagresseurs.

La valeur environnementale des variétés est analysée et appréciée sur la base des données collectées lors du suivi de l'évolution (i) de la densité de peuplement (à la levée, à la floraison 50% et à la récolte 95%), (ii) de la sensibilité aux FRR biotiques et abiotiques et (iii) des réponses (méthodes de lutte) apportées pour la protection des variétés sensibles contre les dégâts parasitaires lors de la conduite de l'expérimentation multilocale, vis-à-vis de leur impact sur l'environnement, et pour la fertilisation chimique, les comparaisons avec le référentiel station.

2.7. Centralisation des informations et exploitation des résultats

2.7.1. Analyse statistique

L'expérimentateur centralise l'ensemble des données recueillies et en fait l'analyse statistique.

Les données collectées seront traitées avec un logiciel d'analyse statistique de données. L'analyse de la variance simple (ANOVA), par essai, si elle est significative, elle est suivie d'une comparaison des moyennes multiples, en utilisant les tests appropriés, au seuil de signification de 5%.

Pour les besoins des études de regroupements d'essais multi-sites et pluriannuels et la structuration de l'interaction (essais x variétés), des analyses de variance du regroupement sont nécessaires.

2.7.2. Règles décisionnelles

Au titre de l'article 6 du règlement d'exécution portant organisation du catalogue régional des espèces et variétés végétales en Afrique de l'Ouest et au Sahel, relatif aux conditions techniques d'inscription sur la Liste A, la variété végétale candidate devra être homologuée. Les conditions d'homologation sont les suivantes : « (a) être reconnue distincte, homogène et stable, au travers d'un protocole d'examen DHS, (b) être reconnue suffisamment performante par rapport à la gamme des variétés les plus utilisées et sans défaut majeur pour les utilisateurs, au travers d'un protocole d'examen VATE ou épreuve de valeur agronomique, technologique et environnementale, et (c) être désignée par une dénomination approuvée dans les États membres ».

La décision d'inscrire une variété candidate dépendra donc fondamentalement des résultats des épreuves techniques, à savoir, ceux issus de l'analyse statistique des données centralisées de l'épreuve VATE et ceux de l'épreuve DHS.

Par ailleurs, le CNS, en charge de la supervision des épreuves, en vertu des dispositions de l'article 19, relatif à la conduite des essais, pourra faire les propositions ci-après, à l'Autorité nationale compétente, sur la base des résultats des épreuves DHS et VATE, conformément à l'article 27, relatif à l'inscription :

i. si l'épreuve DHS révèle **une différence significative et pas d'effet dépressif**, à l'issue de l'épreuve VATE,

➤ *alors la variété végétale candidate peut être proposée à l'inscription sur la liste A du catalogue national des espèces et variétés végétales et à sa publication au bulletin officiel du CNS ;*

ii. si l'épreuve DHS révèle **une absence de différence significative et pas d'effet dépressif**, à l'issue de l'épreuve VATE,

➤ *alors la variété végétale candidate ne peut pas être proposée à l'inscription sur la liste A du catalogue national des espèces et variétés végétales – défaut de DHS ;*

iii. si l'épreuve DHS révèle **une différence significative et un effet dépressif constaté**, à l'issue de l'épreuve VATE,

➤ *alors la variété végétale candidate ne peut pas être proposée à l'inscription sur la liste A du catalogue national des espèces et variétés végétales – défaut de VATE ;*

iv. si l'épreuve DHS révèle **l'absence de différence significative et un effet dépressif**, à l'issue de l'épreuve VATE,

➤ *alors la variété végétale candidate ne peut pas être proposée à l'inscription sur la liste A du catalogue national des espèces et variétés végétales – défaut de DHS et de VATE.*

2.7.3. Transmission de rapports au CNS

Les rapports d'expérimentation DHS et VATE contenant les résultats sont transmis au Secrétariat du CNS qui réunit un groupe d'experts pour en juger la validité.

En ce qui concerne le caractère rendement, seuls les essais retenus par ce groupe d'experts sont pris en compte pour les regroupements pluriannuels.

[L'annexe 1 suit :]

Liste des annexes

Annexe 1	: Dispositifs expérimentaux	3 pages
Annexe 2	: Code décimal pour les stades de croissance	1 page
Annexe 3	: Échelle de notation visuelle	2 pages

[Annexe 1 suit]

DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX¹**I. Le dispositif en randomisation totale**

1 facteur étudié + aucun gradient d'hétérogénéité

- La forme du dispositif et la disposition des traitements est entièrement aléatoire
- Il n'est pas utilisé en expérimentations de plein champ

1	4	3	4	2
5	3	2	5	1
5	1	3	1	5
2	3	4	2	4

5 traitements

4 répétitions

- Il n'est pas utilisé en expérimentations de plein champ

II. Le dispositif en bloc (Fisher)

1 facteur étudié + 1 gradient d'hétérogénéité

- 1 répétition = 1 bloc qui suit le sens du gradient repéré
- Répartition aléatoire des traitements dans chaque bloc

	6 traitements						3 répétitions
bloc 1	1	4	3	5	2	6	 sens du gradient d'hétérogénéité
bloc 2	5	3	2	6	1	4	
bloc 3	6	1	5	2	4	3	

- Dispositif le plus utilisé en expérimentations végétales

¹ Lycée Agricole Le Robillard – Basse Normandie : Les plans d'expériences en expérimentations végétales, mars 2008, (+33) 02 31 42 61 10 - legta.le-robillard@educagri.fr, www.le-robillard.fr

III. Le dispositif en carré latin

1 facteur étudié + 2 gradients d'hétérogénéités perpendiculaires

- Chaque ligne et chaque colonne sont des blocs
- Répartition aléatoire des traitements dans chaque bloc

3	2	1	4
1	4	2	3
2	3	4	1
4	1	3	2

sens du 1^{er} gradient
d'hétérogénéité



sens du 2^{ème} gradient d'hétérogénéité

- Chaque traitement figure une seule fois par ligne et par colonne

IV. Le dispositif en factoriel bloc

2 facteurs étudiés + 1 gradient d'hétérogénéité

- 1 répétition = 1 bloc qui suit le sens du gradient repéré
- Répartition aléatoire des traitements dans chaque bloc

1 facteur variété

3 variétés

V1, V2, V3

6 traitements (3x2)

1 facteur dose d'azote

2 doses d'azote

N1, N2

bloc 1	6	1	5	2	3	4
bloc 2	1	4	3	5	2	6
bloc 3	5	3	2	6	1	4

3 répétitions

sens du 1^{er}
gradient
d'hétérogénéité



.../...

V. Le dispositif en split-plot

2 facteurs étudiés + 1 gradient d'hétérogénéité + 1 contrainte expérimentale

1 facteur variété

6 variétés

V1, V2, V3, V4, V5,
V6

12 traitements (6x2)

1 facteur dose d'azote

2 doses d'azote

avec et sans

bloc 1							sous bloc avec azote	3 répétitions	
							sous bloc sans azote		
bloc 2	V5	V2	V3	V4	V1	V6	sous bloc sans azote		sens du gradient d'hétérogénéité
	V1	V4	V5	V6	V2	V3	sous bloc avec azote		
bloc 3							sous bloc avec azote		
							sous bloc avec azote		

- Chaque bloc est divisé en autant de sous-blocs que de variantes du 1^{er} facteur (facteur qualifié de principal)
- Les traitements du second facteur sont affectés au hasard dans chaque sous-bloc (facteur dit subsidiaire)

VI. Le dispositif en criss-cross

2 facteurs étudiés + 1 gradient d'hétérogénéité + des contraintes expérimentales

1 facteur variété

6 variétés

V1, V2, V3, V4,
V5, V6

12 traitements (6x2)

1 facteur dose d'azote

2 doses d'azote

avec et sans

bloc 1							sous-bloc avec azote	3 répétitions	
							sous-bloc sans azote		
bloc 2	V1	V4	V5	V6	V2	V3	sous-bloc sans azote		sens du gradient d'hétérogénéité
	V1	V4	V5	V6	V2	V3	sous-bloc avec azote		

bloc 3							sous- bloc avec azote
							sous- bloc avec azote

- Chaque bloc est divisé en autant de sous-blocs que de variantes du 1^{er} facteur (facteur qualifié de principal)
- Les traitements du second facteur sont en vis-à-vis dans chaque sous-bloc (facteur dit subsidiaire)

CODE DÉCIMAL POUR LES STADES DE CROISSANCE

Échelle BBCH des stades phénologiques des espèces à racines ou tubercules, Feller et al, 1995

L'échelle BBCH des stades phénologiques est une **échelle de notation des différents stades de développement**. Précises et relativement simples, elles ont en outre la qualité de détailler les périodes à forte activité physiologique.

Stade principal 0	Germination, bourgeonnement
00	Semence sèche
01	Début de l'imbibition des graines
03	Imbibition complète
05	La radicule sort de la graine
07	Hypocotyle et cotylédons percent les téguments de la graine
09	Levée : les cotylédons percent la surface du sol
Stade principal 1	Développement des feuilles (tige principale)
10	Cotylédons étalés, point végétatif apical ou initiales des premières vraies feuilles visibles
11	Première feuille étalée
12	2 feuilles étalées
13	3 feuilles étalées
1.	Et ainsi de suite...
19.	9 ou davantage de feuilles étalées
Stade principal 4	Développement des organes végétatifs de récolte
41	Racines, tiges ou tubercules commencent à se développer (diamètre > 0,5cm)
42	Racines, tiges ou tubercules ont atteint 20 % de leur taille finale
43	Racines, tiges ou tubercules ont atteint 30 % de leur taille finale
44	Racines, tiges ou tubercules ont atteint 40 % de leur taille finale
45	Racines, tiges ou tubercules ont atteint 50 % de leur taille finale
46	Racines, tiges ou tubercules ont atteint 60 % de leur taille finale
47	Racines, tiges ou tubercules ont atteint 70 % de leur taille finale
48	Racines, tiges ou tubercules ont atteint 80 % de leur taille finale
49	Racines, tiges ou tubercules ont atteint leur taille finale typique pour la variété
Stade principal 5	Apparition de l'inflorescence
51	La pousse principale commence à sortir

ANNEXE II

53	La pousse principale a atteint 30 % de sa hauteur
55	Sur l'inflorescence principale, les premières feuilles individuelles sont visibles (fermées)
57	Les premières feuilles individuelles (fermées) sont visibles sur l'inflorescence secondaire
59	Les premiers pétales sont visibles, les fleurs sont toujours fermées
Stade principal 6	La floraison
60	Les premières fleurs sont ouvertes (sporadiquement)
61	Début de la floraison : 10 % des fleurs sont ouvertes
62	20 % des fleurs sont ouvertes
63	30 % des fleurs sont ouvertes
64	40 % des fleurs sont ouvertes
65	Pleine floraison : 50 % des fleurs sont ouvertes
67	La floraison s'achève : la majorité des pétales sont tombés ou desséchés
69	Fin de la floraison
Stade principal 7	Développement du fruit
71	Les premiers fruits sont formés
72	20 % des fruits ont atteint leur taille finale
73	30 % de fruits ont atteint leur taille finale
74	40 % des fruits ont atteint leur taille finale
75	50 % des fruits ont atteint leur taille finale
76	60 % des fruits ont atteint leur taille finale
77	70 % des fruits ont atteint leur taille finale
78	80 % des fruits ont atteint leur taille finale
79	Tous les fruits ont atteint leur taille finale
Stade principal 8	Maturation des fruits et graines
81	Début de la maturation : 10 % des fruits sont mûrs ou 10 % des graines ont leur couleur typique et sont dures et sèches
85	50 % des fruits sont mûrs ou 50 % des graines ont leur couleur typique et sont dures et sèches
89	Maturité complète : les graines de toute la plante ont leur couleur typique et sont dures
Stade principal 9	Sénescence
92	Début de la décoloration des feuilles et des pousses
95	50 % des feuilles sont jaunes ou mortes
99	Produit après récolte

ÉCHELLE DE NOTATION VISUELLE

La notation visuelle de 1 à 9 est une méthode d'estimation visuelle du niveau d'attaque d'une plante ou d'un ensemble de plantes par une maladie donnée, mais aussi de l'étendue et de l'intensité des dégâts dus à un accident climatique, du peuplement, etc. Cette méthode, assez peu précise certes, permet néanmoins de décrire rapidement et sans faire de mesure le comportement d'une variété en étude. Elle s'applique particulièrement bien aux maladies du feuillage.

Quoique pouvant être assimilée à l'estimation d'un pourcentage, la notation de 1 à 9 est de nature qualitative et consiste à définir 9 classes, de **1 = absence ou minimum possible**, à **9 = maximum possible**.

La précision d'une notation sur un essai homogène est de plus ou moins 1 point, l'erreur étant maximale autour de 5. Cette précision est néanmoins suffisante pour décrire le comportement des variétés. Les échelles de notations visuelles sont adaptées aux différents types de caractères notés.

Tableau 1 - Peuplement à la levée

La notation traduit l'estimation visuelle du pourcentage de plantes levées sur le peuplement souhaité au semis (PL/PS).

Note	PL /PS	Intensité du caractère
1	0 %	↑
2	10 %	° Non valable
3	25 %	→
5	50 %	Très douteuses
6	75 %	↑
7	100 %	° Valables à très valables
8	125 %	→
9	150 %	À définir en cours de végétation

Tableau 4 - Maladies

Note	Plantes affectées	Surface foliaire attaquée ou % de panicules attaquées ou % de tiges attaquées
1	Absence de dégât	
2	Traces	
3	25 %	10 %
4	50 %	25 %
5	100 %	50 %
6	100 %	60 %
7	100 %	75 %
8	100 %	90 %
9	Maximum possible	

Tableau 5 - Validité parcellaire

Cette notation tient compte du peuplement de chaque parcelle, de leur homogénéité au début de la montaison et à l'épiaison (« effet terrain ») et des accidents particuliers pouvant

ANNEXE II

survenir au semis (« manques ») ou en cours de végétation (lapins, sangliers, grêle...). Elle ne tient pas compte de dégâts dus à la sensibilité variétale aux maladies et aux conditions climatiques (froid, verse...).

Note	Validité des parcelles	Observations
1	Non valable	Les notes intermédiaires (2, 4, 6, 8) peuvent être aussi utilisées.
3	Très douteuse	
5	Douteuse	
7	Valable	
9	Très valable	

Maladies	1	2	3	4	5
CMD	Pas de symptômes visibles	Léger motif chlorotique sur les folioles entières ou légère distorsion à la base des folioles, le reste des folioles paraissant vert et sain	Fort motif en mosaïque sur toute la feuille, et rétrécissement et distorsion du tiers inférieur des folioles	Mosaïque sévère, distorsion des deux tiers des folioles et réduction générale de la taille des feuilles	Mosaïque sévère, distorsion des quatre cinquièmes ou plus des folioles, feuilles tordues et déformées
CBSD entre 3 et 6 mois	Pas de symptômes visibles	Légère chlorose foliaire mais sans lésions de la tige	Chlorose foliaire prononcée et lésions légères de la tige sans dépérissement	Chlorose foliaire sévère et lésions sévères de la tige sans dépérissement	Défoliation, lésions sévères de la tige et dépérissement
CBSD à la récolte	Pas de nécrose visible	≤ 5% de racines tubéreuses nécrosées	6 à 25% de racines tubéreuses nécrosées	26 à 50 % des racines tubéreuse nécrosées avec une légère constriction des racines tubéreuses	plus de 50 % de nécrose de racines tubéreuses avec une grave constriction des racines tubéreuses

ANNEXE II

Taille des racines tubéreuses observées visuellement

Notes	Description
3	Petite
5	Modérément grosse
7	Très grosse

Caractères physiques

Résistance à la récolte des tubercules : c'est la facilité ou la difficulté à laquelle on récolte le pied de manioc.

Notation : 1- facile, 2- moyenne, 3- difficile ;

Notes	Description
1	Facile
2	Moyenne
3	Difficile

Pourriture du tubercule : c'est la pourriture proprement dite du tubercule ou dégâts physiques occasionnés par les adventices sur les tubercules ;

Notes	Description
0	Absent
1	Peu
2	Moyen
3	Pourri

Feu bactérien (bacterial blight)

Notes	Description
1	Pas de symptôme
2	Seulement des taches foliaires angulaires
3	Taches foliaires angulaires, flétrissement, brûlure, défoliation et quelques exsudats sur tige/pétioles
4	Brûlure des feuilles, flétrissement, défoliation, exsudats et dépérissement des bourgeons
5	Brûlure des feuilles, flétrissement, défoliation, exsudats, dépérissement des pointes et rabougrissement des plantes.

Teneur en matière sèche

Notes	Description
3	faible
5	Modérée
7	Elevée

Verse avant récolte

Notes	Description
1	Environ 90 % des plantes sont dressées sans aucun signe d'exposition des racines
2	50% des plantes non débout
3	80% des plantes courbées avec les racines exposées

ANNEXE II

Vigueur à la récolte

Notes	Description
1	Excellente architecture végétale, aucun signe de verse et sans CMD
2	Très bonne architecture, sans CMD, pas de verse et bonne vigueur
3	Architecture végétale souhaitable, pas de signe visible de CMD, pas de verse et bonne vigueur
4	Architecture végétale indésirable, vigueur modérée, sévérité modérée de la maladie et niveau de verse modéré
5	Mauvaise vigueur, architecture végétale indésirable

DOCUMENT DE TRAVAIL _ revps