



# AMELIORATION DU SYSTEME DE DRAINAGE DANS UNE BANANERAIE A KASUNYA AU GHANA

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU  
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT  
OPTION : INFRASTRUCTURE HYDRAULIQUE

---

Présenté et soutenu publiquement le 24 Juin 2013 par

**Kalilou DAO**

**Travaux dirigés par : Amadou KEITA**

Enseignant Chercheur

Centre Commun de Recherche « Eau et Climat »

Et

**Jules TCHOUMBA**

Directeur Technique Golden Exotics Limited

Jury d'évaluation du stage :

Président : Amadou KEITA

Membres et correcteurs : Ousmane Roland YONABA  
Dial NIANG

**Promotion [2012/2013]**

## **DEDICACES**

Je dédie ce travail à :

- Toute ma famille, qui m'a tout donnée, soutenue et encouragée.
- Tous mes amis (es)
- Mes camarades de promotion
- Tous les travailleurs de Golden Exotics Limited
- Et à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## REMERCIEMENTS

Mes sincères remerciements à :

- Tout le corps professoral et administratif et particulièrement, J'exprime toute ma gratitude et ma reconnaissance pour la formation et l'encadrement que j'ai reçus ;
- Tous mes professeurs, particulièrement Mr Amadou KEITA, pour m'avoir suivi tout au long de ce travail ;
- Mr Jean-Yves REGNIER, Directeur Général de Golden Exotics Limited, pour m'avoir accepté en stage, me donnant ainsi l'occasion de progresser dans ma formation ;
- Mr Jules TCHOUMBA, mon maître de stage, Directeur Technique de Golden Exotics Limited, pour son encadrement, sa disponibilité et sa générosité ;
- Les Employés de Golden Exotics Limited ;
- Mes Camarades de promotion.

## RESUME

Les conditions pédoclimatiques de la zone de la plantation de Kasunya font que les superficies souffrent ou risquent de souffrir des défauts d'assainissement, de drainage et de salinité. Le principal problème sur la plantation est l'engorgement des terres agricoles. La solution à ce problème et autres problèmes potentiels, telle que la salinisation, est l'installation d'un système de drainage adéquat (drainage par fossés ouverts). L'amélioration du drainage s'est faite par la mécanisation et l'utilisation du laser rotatif pour le guidage des machines.

La mécanisation et l'utilisation du laser permettent d'avoir des drains de qualité technique meilleure. Une comparaison des drains faits avec guidage des machines au laser et ceux faits sans guidage a permis de constater que l'eau stagne dans 9,34% des premiers contre 24,62% des seconds. Une autre comparaison a concerné les nombres moyens de mains et les hauteurs moyennes de rejets des parcelles drainées et parcelles non drainées. Une application des tests d'hypothèses (Student et Fisher) montrent que les écarts entre les moyennes, observés, sur les parcelles drainées et non drainées, ne sont pas significatifs (Hauteurs moyennes de rejets :  $T = 1,185$  appartient à  $[0,303 ; 3,294]$  et nombres moyens de mains  $T = 1595$  appartient à  $[0,303 ; 3,294]$ ).

L'installation et le fonctionnement du système de drainage ne sont pas sans conséquences sur l'écosystème, des mesures seront donc prises afin de limiter les impacts négatifs. Le suivi des travaux de drainage a permis de mettre en évidence des Indicateurs de performances et de se fixer des objectifs (Excavatrices : 160ml/j; Tracteurs à pneumatiques : 900ml/j; tracteurs a chenille : 1000ml/j; Equipe de la main d'œuvre : 80ml/j/personne) pour une réalisation efficiente des travaux.

### Mots Clés :

---

- 1 - Engorgement
- 2 - Salinisation
- 3 - Drainage par fossés ouverts
- 4 - Laser rotatif
- 5 - Indicateurs de performance

---

---

**ABSTRACT**

---

Soil and climatic conditions of the area of planting Kasunya make areas suffer or may suffer from sanitation defects, drainage and salinity. The main problem is the waterlogging of planting farmland. The solution to this problem and other potential problems, such as salinization, is the installation of an adequate system of drainage (drainage by open ditches). Improved drainage is made by mechanization and the use of rotary laser for machine guidance.

Mechanization and the use of laser allow having drains with best technical quality. A comparison between drains made with machines that are laser-guided and those made with machines that are not guided showed that water stagnates in 9.34% of the first against 24.62% of the latter. Another comparison concerned the average number of hands and average heights of suckers drained and undrained plots. An application of hypothesis testing (Student and Fisher) shows that the differences between the averages observed on the drained and undrained plots are not significant (Average heights of suckers:  $T= 1.185$  belongs to  $[0.303; 3.294]$  and Average numbers of hands  $T=1.595$  belongs to  $[0.303; 3.294]$ ).

The installation and functioning of drainage system are not without consequences on the ecosystem, measures will be therefore taken to limit negative impacts. Monitoring drainage has highlight performance indicators and set targets (Excavator: 160ml/d; Tractor with tires: 900 ml/d; caterpillar tractor 1000 ml/d; Manpower: 80 ml/d/person) for efficient execution of the drainage works.

**Key words:**

- 
- 1 – Waterlogging
  - 2 - Salinization
  - 3 - Drainage by open ditches
  - 4 - Rotary laser
  - 5 – Indicators of performance

## **LISTE DES ABRÉVIATIONS**

DIR: Drainage Irrigation;  
DMA: Drainage Manpower Adjustement;  
DMO: Drainage Manpower Operator;  
EPA: Environmental Policy Agency  
GEL: Golden Exotics Limited;  
KIP: Kpong Irrigation Project;  
ml: mètre linéaire.

---

**Table des Matières**

Dédicaces.....	i
Remerciements .....	ii
Résumé.....	iii
liste des abréviations.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
LISTE DES FIGURES .....	ix
<i>I. Introduction</i> .....	<i>1</i>
<i>II. Objectifs du travail</i> .....	<i>2</i>
<i>III. Cadre général de la plantation de Kasunya</i> .....	<i>3</i>
<b>3.1. Présentation et localisation de la plantation</b> .....	<b>3</b>
3.1.1. Présentation et Localisation de la plantation .....	3
3.1.2. Le bananier .....	6
<b>3.2. La topographie et les sols</b> .....	<b>9</b>
<b>3.3. Le climat</b> .....	<b>9</b>
<i>IV. Matériels et Méthodes</i> .....	<i>10</i>
<b>4.1. Etat de lieu du drainage</b> .....	<b>10</b>
4.1.1. Matériels utilisés par les différentes équipes .....	13
4.1.2. Construction des drains .....	14
<b>4.2. Mise en place d’outil de suivi de l’activité drainage</b> .....	<b>16</b>
<b>4.3. La phase préparatoire</b> .....	<b>17</b>
4.3.1. Méthodes .....	17
4.3.2. Matériels .....	18
<b>4.4. La phase d’investigation de terrain et de suivi des travaux de réalisation des drains</b> .....	<b>18</b>
4.4.1. Méthodes .....	18
4.4.2. Matériels .....	18
<b>4.5. La Phase de traitement, analyse des données et production du mémoire</b> .....	<b>19</b>
<i>V. Résultats</i> .....	<i>21</i>
<b>5.1. Impacts du drainage sur le plan technique, agronomique et économique</b> .....	<b>21</b>
5.1.1. Impact du drainage et du système laser sur le plan technique .....	21

5.1.2. Impact du drainage sur le plan agronomique .....	23
5.1.3. Impact du drainage sur le plan environnemental .....	28
<b>5.2. Résultats du suivi des travaux de drainage.....</b>	<b>29</b>
5.2.1. Base de données et indicateurs de performance de l'équipe Drainage Manpower Operator (DMO)	29
5.2.2. Base de données et indicateurs de performance de l'équipe Drainage Manpower Adjustment (DMA) .....	32
5.2.3. Objectifs à atteindre pour la réalisation efficace des travaux de drainage restants .....	33
<b>VI. Discussion et Analyses .....</b>	<b>39</b>
6.1. Discussion et Analyse : Impact du drainage et du système laser sur le plan technique ....	39
6.2. Discussion et Analyse : Impact du drainage sur le plan Agronomique.....	40
6.3. Discussion et Analyse : Impact du drainage sur le plan Environnemental .....	41
6.4. Discussion et Analyse : Suivi des travaux de drainage .....	42
<b>VII. Conclusions .....</b>	<b>43</b>
<b>VIII. Recommandations - Perspectives.....</b>	<b>44</b>
<b>IX. Annexes.....</b>	<b>47</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Comparaison entre drains faits avec laser et drains faits sans laser.....	22
Tableau II : Hauteurs moyennes de rejets de tous les secteurs .....	24
Tableau III : Nombres moyens de mains de tous les secteurs.....	25
Tableau IV : Paramètres de statistique descriptive des Indicateurs de performance des mini pelles excavatrices.....	30
Tableau V : Paramètres de statistique descriptive des Indicateurs de performance des tracteurs à pneumatiques.....	31
Tableau VI : Paramètres de statistique descriptive des Indicateurs de performance des tracteurs à chenilles .....	32
Tableau VII : Paramètres de statistique descriptive des Indicateurs de performance de l'équipe des travaux manuels .....	33
Tableau VIII : Etat de lieu du drainage .....	37
Tableau IX : Estimation du temps nécessaire pour finir les travaux par équipe.....	38

## LISTE DES FIGURES

Figure I : Localisation de Kasunya .....	4
Figure II : Plan de la plantation de Kasunya .....	5
Figure III : Les différentes parties du bananier .....	6
Figure IV : Disposition de lignes jumelées .....	8
Figure V : Sections types des drains .....	11
Figure VI : Présentation du système de drainage .....	12
Figure VII : Les éléments du système laser .....	14
Figure VIII : Graphiques des Hauteurs moyennes de rejets.....	24
Figure IX : Graphiques des Nombres moyens de mains .....	26
Figure X : Graphique des valeurs moyennes des indicateurs de performance, mini pelles excavatrices .....	34
Figure XI : Graphique des valeurs moyennes des indicateurs de performance, tracteurs à pneumatiques.....	35
Figure XII : Graphique des valeurs moyennes des indicateurs de performance, tracteurs à chenilles.....	36
Figure XIII : Graphique des valeurs moyennes des indicateurs de performance, Equipes manuelles.....	37

## I. INTRODUCTION

---

Le développement de l'agriculture en Afrique soulève de nombreux défis dont celui de chercher à compenser les rigueurs du climat tout en tirant profit des richesses hydrauliques naturelles, souterraines et de surface mobilisables. La mise en valeur des terres irriguées n'est possible et rentable que par l'installation d'importants réseaux d'assainissement et/ou de drainage profond.

Des périmètres irrigués ont connu après quelques années d'irrigation des problèmes de submersion, de remontée de la nappe phréatique et de salinisation. La salinisation a été identifiée comme un processus majeur de la dégradation des terres. Les causes les plus importantes à l'origine de la diminution de la production sur de nombreux périmètres irrigués, particulièrement dans les zones arides et semi-arides, sont l'engorgement, la salinisation et la sodication. Le programme International pour la Technologie et la Recherche en Irrigation et Drainage estimait qu'en 2006, 0,8 millions d'hectare des surfaces cultivées au Ghana sur un total de 4,5 millions d'hectare étaient salinisées, soit 17%.

Les sols de la plantation de bananes de la société Golden Exotics Limited à Kasunya au Ghana sont à argiles gonflantes. Ils présentent une assez grande réserve d'éléments utiles aux plantes et sont imperméables. Ils s'engorgent en saison des pluies et cela cause des problèmes aux plants de banane qui sont sensibles à l'excès d'eau. Lors de la mise en place de la plantation des drains type éviers ont été mis en place mais s'avéraient insuffisants pour lutter contre le phénomène. Fort de cela et pour prévenir des risques de salinisation un programme de drainage a été mis en place par la direction de Golden Exotics Limited. L'utilisation du système laser a été introduite pour améliorer la qualité des drains afin de faciliter l'écoulement des eaux vers l'exutoire. Le programme de drainage s'étale de 2011 à 2014 et vise à mettre en place un système de drainage adéquat afin de réduire les problèmes d'engorgement et prévenir d'éventuels problèmes de salinisation des terres.

A mi-parcours du programme de drainage, il y'a lieu de faire un diagnostic afin de connaître l'état d'avancement des travaux et de ressortir les axes d'amélioration.

## **II. OBJECTIFS DU TRAVAIL**

---

L'objectif global : l'objectif global est de contribuer à l'amélioration du drainage.

Les objectifs spécifiques :

- Evaluer les impacts des activités de drainage et de l'utilisation du système laser sur le plan technique, agronomique, environnemental et socio-économique.
- Mettre en place un outil de suivi des travaux (Tableau croisé dynamique avec Excel, Base de données) et détermination des indicateurs de performance.
- Proposer à partir des indicateurs de performance, des objectifs (cibles) à atteindre pour la réalisation efficiente des travaux de drainage.

### **III. CADRE GENERAL DE LA PLANTATION DE KASUNYA**

---

#### **3.1. PRESENTATION ET LOCALISATION DE LA PLANTATION DE KASUNYA**

##### **3.1.1. Présentation et Localisation de la plantation**

La Société Golden Exotics Limited est une filiale du Groupe Compagnie Fruitière de Marseille. Elle est spécialisée dans la production de la banane dessert et de l'ananas à destination de l'Europe 95% et de l'Afrique de l'Ouest 5%. La plantation est située à Kasunya dans la partie ouest du district de Dangme. Ce district est situé au sud Est du Ghana dans la « Greater Accra Region », entre la latitude 5° 45' Sud et 6° 05' Nord et Longitude 0° 05' Est et 0° 20' Ouest. Il a une superficie totale de 1442 km<sup>2</sup> et est le plus grand district de la « Greater Accra Region ».

Le village de Kasunya est à une distance de 77 km de la capitale Accra et à 57 km de Koforidua. Golden Exotics Limited a acquis un terrain d'une superficie d'environ 2600 ha pour la culture de la banane export. Le projet se situe sur la rive droite du fleuve Volta, entre la latitude 0° 16' 10'' Est et la longitude 6° 2' 25'' Nord.



Figure I : Localisation de Kasunya

La surface actuellement en culture à Kasunya est de 1200 ha. L'exploitation agricole est subdivisée en 7 secteurs de 150 ha environ. Le secteur 0 et une extension (secteur 8) pour l'essai de la culture de banane bio ont été récemment ajoutés. Chaque secteur est subdivisé en parcelles de 1 à 12 ha. Dans chaque secteur il y'a un lac artificiel et une station de pompage qui alimente le périmètre par fertigation. Les secteurs 6 et 7 ont le même lac artificiel et la même station de pompage. La ressource en eau est disponible à partir du barrage d'AKOUSE qui est un sous barrage de celui d'AKOSSOMBO. L'exploitant de la plantation reverse des droits annuels pour l'accès à cette eau et dispose à cet effet d'un canal principal fournissant **10 100 m<sup>3</sup>/h** (soit **151 500 m<sup>3</sup>/jour**) au niveau de la station de relevage. Ce canal approvisionne six (06) lacs artificiels de dimensions allant de 2 à 5ha, et de profondeurs d'environ 3 m, ce qui fait une capacité de stockage de 60 à 150 000 m<sup>3</sup> par lac. En saison sèche, il a été constaté après lecture du limnimètre que les lacs artificiels sont remplis à 2m en moyenne, ce qui donne au moins 40 à 100 000 m<sup>3</sup> d'eau permanemment disponible par lac.

L'irrigation pratiquée est le « goutte à goutte » mais il existe des parcelles où la micro aspersion est à l'essai. Après récolte, les bananes sont transportées et conditionnées dans des stations appelées « Pack house » avant leur acheminement au port d'embarquement sis à Tema. Un système de drainage, constitué de fossés à ciel ouvert, a été mis en place pour évacuer les eaux excédentaires. Ce système comprend des drains de parcelle, des drains secondaires ou collecteurs et des drains primaires.

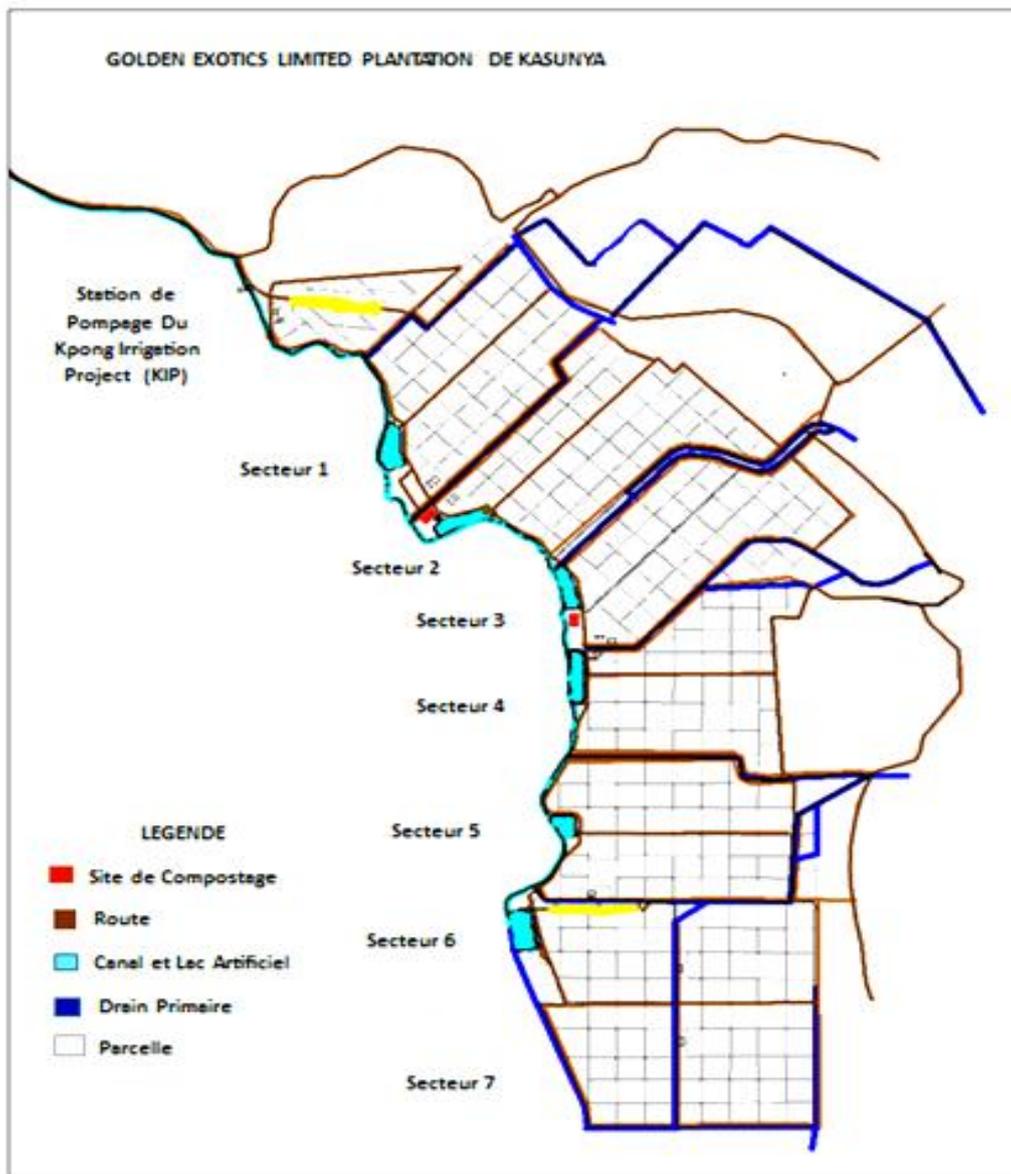


Figure II : Plan de la plantation de Kasunya

### 3.1.2. Le bananier

Le bananier est originaire du Sud Est de l'Asie mais il est aujourd'hui cultivé dans toutes les régions tropicales du monde entier (Encarta, 2004). C'est une plante géante, herbacée du groupe des monocotylédones appartenant aux musacées. Le bananier n'est pas un arbre mais une herbe géante ayant une hauteur comprise entre 3 et 8m. Les feuilles s'enroulent les unes aux autres et donnent naissance au « pseudo tronc » qui ressemble au tronc des arbres mais ne contient pas de bois. Le bananier pousse dans les régions chaudes humides (tropical humide, tropical sec) et est constitué d'eau (80%).

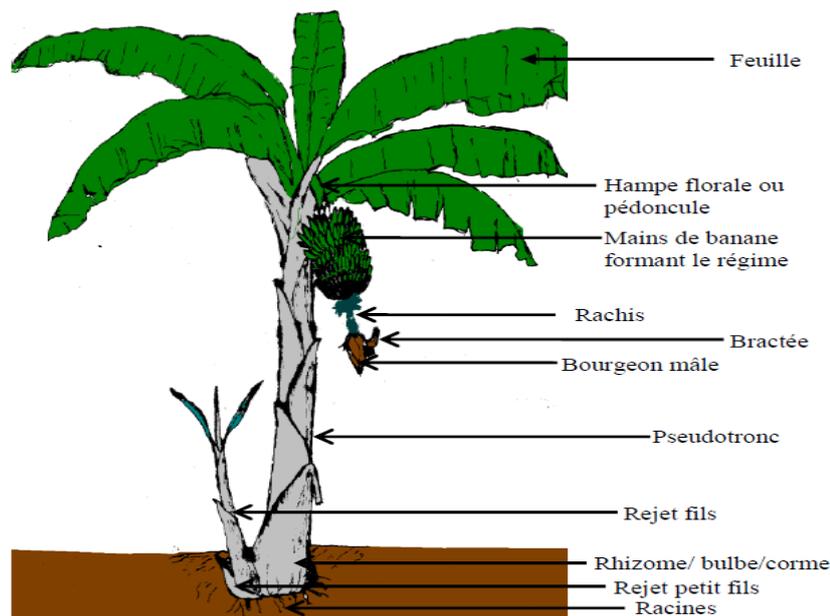


Figure III : Les différentes parties du bananier

Vocabulaire :

- Main : On appelle main de bananes, un groupe de bananes issus des fleurs femelles se présentant en rangée et ayant un même point d'attache sur le pédoncule qui forme l'axe du régime.
- Régime : Grappe complète pouvant contenir plusieurs mains ; il peut contenir 60 à 225 bananes et peser jusqu'à 30kg.
- Le bananier se succède à lui-même ; lorsqu'on récolte son régime, le pied-mère meurt

(on sectionne alors, non seulement la tige florale, mais aussi le pseudo tronc). Mais avant la récolte, il a émis des ramifications latérales qui vont lui succéder. De sa tige souterraine vont pousser des rejets (ou rejetons) qui assureront par voie végétative, la pérennité du bananier. Chaque rejet peut donner un plant de bananier qui peut succéder au pied-mère sur la même souche ou être détaché pour être planté et cultivé ailleurs.

- La véritable tige du bananier est souterraine, on l'appelle bulbe, corne ou rhizome.

En pratique, le meilleur matériel de plantation est constitué de 3 sources principales : les rejets baïonnettes, les vitroplants et les rejets issus de la macro propagation. A Kasunya le matériel de plantation utilisé est le vitroplant. Ce dernier est un plant de bananier obtenu par culture de tissus dans les laboratoires. Les vitroplants sont généralement indemnes de maladies mais sont fragiles dans les conditions naturelles. Leur transport doit être effectué dans des paniers. L'intérêt premier des vitroplants est leur état sanitaire. Il est donc important d'éviter leur réinfection rapide une fois mis au champ. Ainsi, le vitroplant doit être planté sur un sol sain ou préalablement assaini par des techniques de rotation culturale ou de jachère, et éloignés des sources de contamination par des maladies. Le trou de plantation des vitroplants est de 40cm x 40cm x 40cm. Après la plantation, un champ de bananier nécessite beaucoup de soins comme le sarclage, l'application d'engrais minéraux, l'œilletonnage, l'enlèvement du bourgeon mâle, l'effeuillage, le tuteurage et le gainage des régimes.

Le dispositif de plantation utilisé à Kasunya est le dispositif en lignes jumelées.

R : est l'écartement entre les couples de lignes jumelées

D : est la distance entre deux lignes jumelées

I : est l'espacement entre plantes sur une même ligne

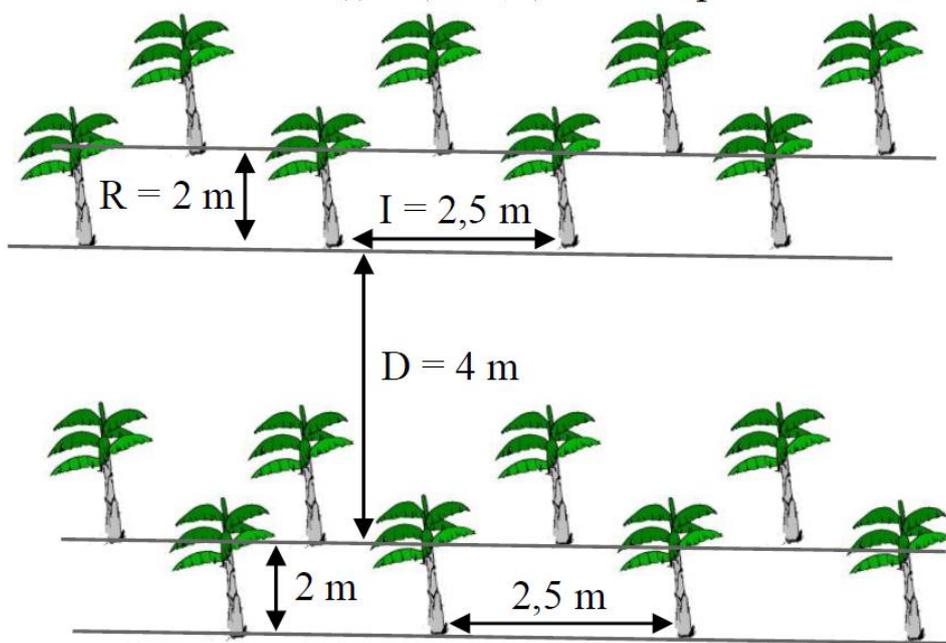


Figure IV : Disposition de lignes jumelées

Les avantages du dispositif en lignes jumelées sont :

- Permet la mécanisation dans le grand rang (D) : « Cable-way » : le cable-way est un chemin de câbles suspendus emprunté par des engins motorisés pour transporter les régimes de bananes et outils de maintenance. Il relie les champs aux stations de conditionnement et les stations de conditionnement entre elles.
- Facilite les soins aux régimes qui se situent généralement du côté du grand rang ;
- Permet l'utilisation des cordes comme tuteurs pour soutenir les régimes: Le tuteurage des bananiers est une technique qui vise à installer une tige de bois pour soutenir le poids du régime de banane pour éviter que le pseudotrunc ne se casse. Le poids du régime et la faiblesse de l'ancrage racinaire l'imposent. A Kasunya, on utilise des mats en bois sur lesquels sont fixés les cordages qui soutiennent les pseudotrons des bananiers (haubanage).
- Permet la construction des drains de parcelle dans le grand rang (D).

Les conditions physiques de sol dans lesquelles les plants de bananes doivent être sont : bien drainé, profond, léger, très légèrement acide, riche en potassium, phosphore, azote et magnésium car la plante est très exigeante en minéraux.

### **3.2. LA TOPOGRAPHIE ET LES SOLS**

La topographie : la pente est peu accentuée, terrain relativement plat, ce qui a été favorable à la mise en place du transport des régimes de banane par « cable-way », à l'installation d'un haubanage aérien.

Les sols sont pour l'essentiel des vertisols typiques ayant peu évolué (absence de mise en culture intensive et continue) :

- En surface faciès hydromorphe d'argile noire (montmorillonite + matières organiques). Fentes de retrait en conditions sèches, gonflement en saison pluvieuse, érosion latérale possible, très faible perméabilité.
- Vers 30 à 40cm, horizon fortement argileux, très élastique en milieu très humide asphyxiant se transformant en blocs durs en conditions sèches.
- Base imperméable (vers 60cm mais pouvant être à plus de 150cm), avec des concrétions blanchâtres plus ou moins nombreuses et en blocs (Gneiss). Horizon très difficile à pénétrer, même à la rigoleuse.
- En allant vers le fleuve, se présente des sols de terrasses alluviales et colluvions. Ils sont profonds, sablo-argileux jaunes, meubles sur 40 à 50cm d'épaisseur. En zone de dépression on trouve des colluvions argilo-limoneuses rouges.

### **3.3. LE CLIMAT**

Le climat est tropical et est caractérisé par une saison sèche de Novembre à Mars et une saison pluvieuse d'Avril à Novembre. La pluviométrie est déficitaire et si l'on tient compte de la nature du sol (très faible infiltration), le nombre de jours pluvieux efficace est réduit. Par exemple en 2001, avec une pluie annuelle de 956mm, on estime entre 70 et 85 jours sans besoin d'irrigation. Les températures varient entre 25,9 et 29,1°C. La durée annuelle d'insolation est en moyenne au-dessus de 2260 heures (6,2h/jour) et les mois les moins ensoleillés vont de Juin à Septembre (4,8h/jour).

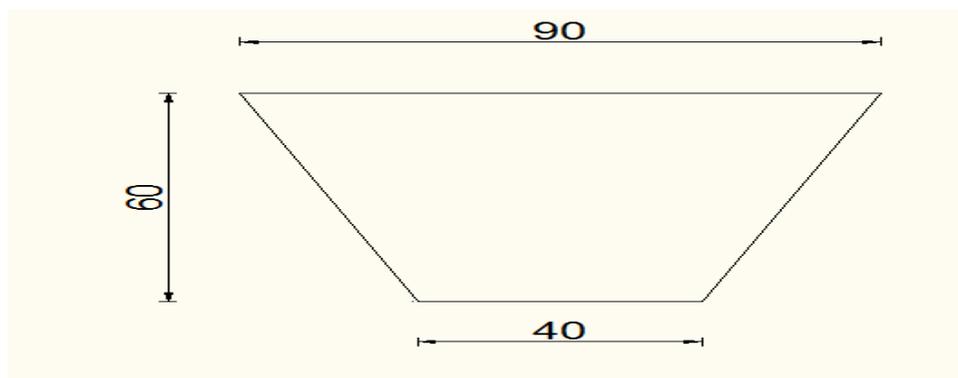
## **IV. MATERIELS ET METHODES**

---

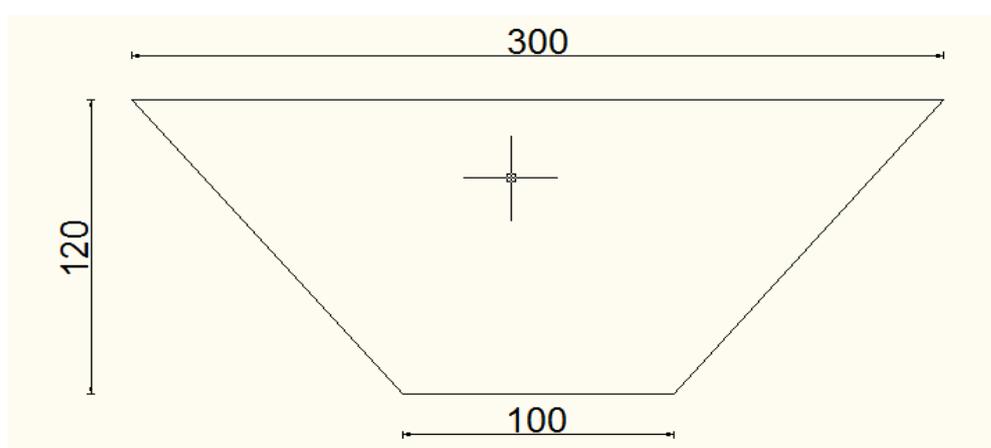
### **4.1. ETAT DES LIEUX DU DRAINAGE**

La gestion de l'eau est le facteur de production le plus important en agriculture. Un excès d'eau aura pour conséquence l'asphyxie des plantes (manque d'oxygène), des maladies et la pourriture des racines. Un manque d'eau amènera un retard dans la croissance des plantes, une mauvaise qualité des fruits, une diminution des rendements et même la mort de certaines plantes. Puisque les précipitations sont très variables durant l'année, le drainage devra éliminer les surplus d'eau sans causer des problématiques d'érosion et permettre d'emmagasiner le peu d'eau reçue dans les périodes sèches, pour alimenter les plantes.

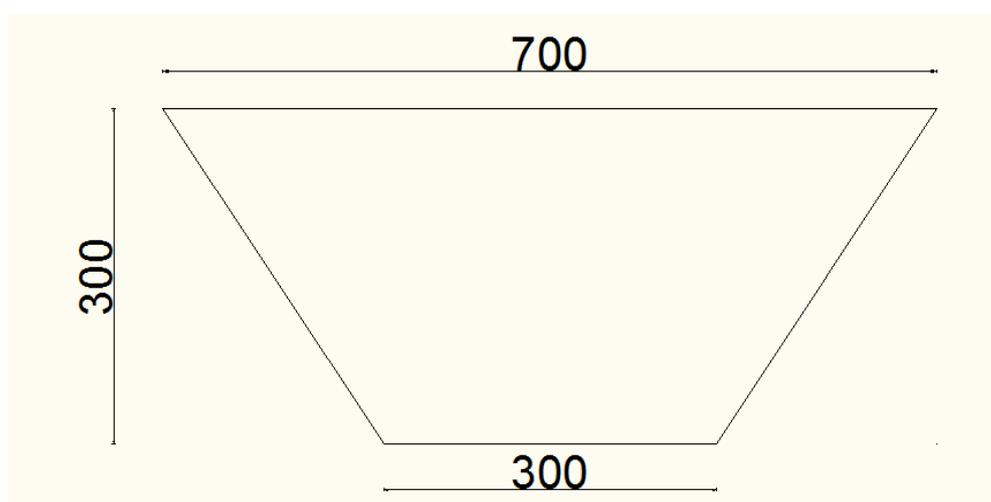
Le drainage par fossés ouverts est pratiqué sur la plantation de banane à Kasunya. Il consiste à ouvrir sur les parcelles à assainir des fossés superficiels qui véhiculent l'eau vers les collecteurs qui se déversent dans le canal primaire et pour finir au niveau de l'exutoire. Les drains de parcelle recueillent les eaux excédentaires des parcelles et les conduisent aux collecteurs. Ils ont une longueur de 100 à 200m suivant le secteur, la section est trapézoïdale avec en moyenne : 90cm de largeur au plafond, 40 cm de largeur au fond et une profondeur de 60cm. Les collecteurs ou secondaires reçoivent l'eau des drains de parcelle et les conduisent aux drains primaires. Ils ont une section trapézoïdale avec : 2,5m à 3m de largeur au plafond, 0,7 à 1m de largeur au fond et une profondeur moyenne de 1,2m. Les drains primaires reçoivent les eaux des collecteurs secondaires et les évacuent dans les lacs Kasu et Nyapia. Ils ont une section trapézoïdale avec en moyenne : 7m de largeur au plafond, 2 à 3m de largeur au fond et 3m de profondeur.



Section type des drains de parcelle (dimensions en centimètre)



Section type des collecteurs ou drains secondaires (dimensions en centimètre)



Section type des drains primaires (dimensions en centimètre)

**Figure V : Sections types des drains**

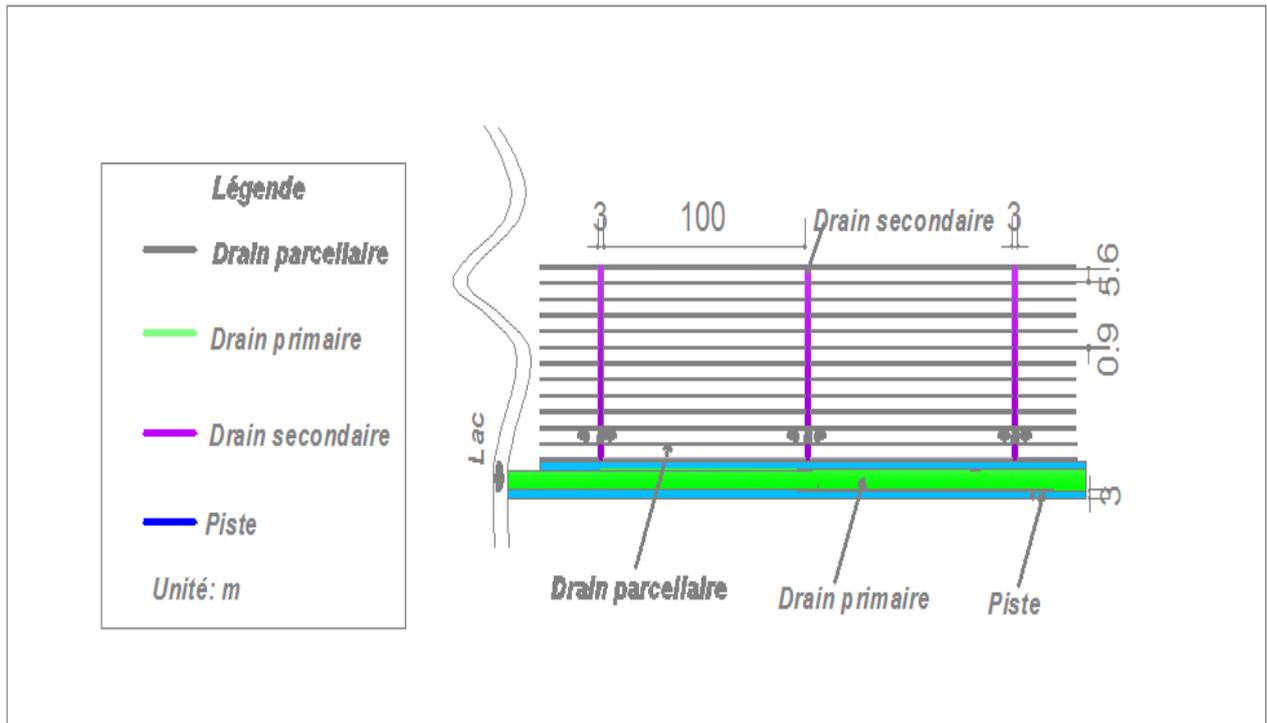


Figure VII : Présentation du système de drainage

Pour la construction des drains trois équipes ont été mises en place :

- ✓ La première équipe, nommée : Drainage Irrigation (DIR), est chargée de désinstaller le matériel d'irrigation avant la construction des drains et de réinstaller le matériel sitôt que la construction des drains est achevée. Cette équipe est constituée de 16 personnes et est dirigée par un chef d'équipe.
- ✓ La deuxième équipe, nommée Drainage Manpower Operator (DMO), est composée des conducteurs de tracteurs et excavatrices. Les conducteurs de tracteurs sont au nombre de 9 avec à leur tête un chef d'équipe des opérations. Les conducteurs des excavatrices sont quant à eux au nombre de 3 et sont dirigés par un chef d'équipe.

Cette équipe travaille en respectant des conditions dont les plus importantes sont : la conduite des travaux d'aval en amont pour permettre un écoulement progressif des eaux durant l'avancement des travaux ; la considération de la pente : aspect important pour assurer l'écoulement libre des eaux ; s'assurer que les canaux sont rectilignes ; la préservation des autres équipements de l'exploitation : équipements d'irrigation, haubans, etc.

- ✓ La troisième équipe, nommée Drainage Manpower Adjustment (DMA), est chargée d'étaler les terres excavées avec une pente en lisière pour permettre le ruissellement des eaux. L'exécution rapide de cette tâche permet de réinstaller le matériel d'irrigation et par conséquent la reprise de l'irrigation. cette équipe épure les canaux, consolide les berges rectifie le fond des canaux pour assurer l'écoulement des eaux. Elle est constituée de 36 personnes regroupées en 3 sous équipes (A, B et C) de 12 personnes et est dirigée par un chef d'équipe.

Des sous-traitants apportent du renfort dans la construction des drains. Ils mettent à la disposition de Golden Exotics Limited des engins (Excavatrices : mini pelle, pelle moyenne et grande pelle) et de la main d'œuvre pour conduire les engins et réaliser les opérations de désherbage et de drainage manuel.

#### **4.1.1. Matériels utilisés par les différentes équipes**

Le matériel de drainage comprend :

- ✓ Les outils et engins de construction des drains (canaux à ciel ouvert) ;
- ✓ Le laser rotatif : l'émetteur, le récepteur, le boîtier de contrôle.

##### **a) Les outils et engins de construction des drains**

✓ Pelles, pioches, houes et râteaux sont utilisés par l'équipe Drainage Manpower Adjustment

✓ Trois (3) mini excavatrices sont utilisées pour réaliser les amorces des drains de parcelle et grâce à la lame de refoulement à l'avant elles nettoient la zone de tracé des drains pour faciliter le passage des tracteurs équipés de rigoleuse.

- ✓ Les tracteurs sont utilisés comme engin de traction car pouvant facilement se déplacer sur le terrain. Ils sont équipés de rigoleuses pour le creusage des drains. Il y'a deux types de tracteurs, les tracteurs à pneus et les tracteurs à chenilles.

Les tracteurs à pneus sont au nombre de quatre (4) et sont munis de rigoleuses de marque Dondi D55B-PA/18° et font le premier et deuxième passage soit environ le tiers de la profondeur du drain de parcelle.

Les tracteurs à chenille sont au nombre de cinq (5). Ils sont équipés de rigoleuse de marque Dondi DBR65 et font le troisième et dernier passage donnant au drain de

parcelle sa profondeur finale. Les tracteurs peuvent être équipés d'un mât ou le récepteur du laser peut être installé.

#### b) Le laser rotatif

Le système complet comprend 3 organes principaux : l'émetteur, le récepteur et le boîtier de contrôle.

- **L'émetteur** : il émet le rayon laser et lui donne son mouvement de balayage. Il est inclinable sur son trépied, ce qui lui permet de définir un plan de référence.
- **Le récepteur** : il est monté sur le mât placé à l'aplomb de la rigoleuse. Il commande les vérins de ce dernier et leur transmet les ordres nécessaires pour se maintenir dans le plan de du rayon de l'émetteur rotatif.
- **Le boîtier de contrôle** : il permet au conducteur d'une part, d'être renseigné par un jeu de lampes sur la position de son outil par rapport au plan de référence. Une lampe verte indique la position correcte, deux lampes rouges prévenant des variations vers le haut et vers le bas. D'autre part, d'imposer à la machine une pente de travail faisant avec l'angle de référence un angle donné.



Figure VII : Les éléments du système laser

#### 4.1.2. Construction des drains

##### a) Espacement et profondeur des drains

Pour le design des systèmes de drainage la profondeur des drains et l'espacement des drains sont importants. Dans la pratique on se fonde sur : Les expériences locales ; les

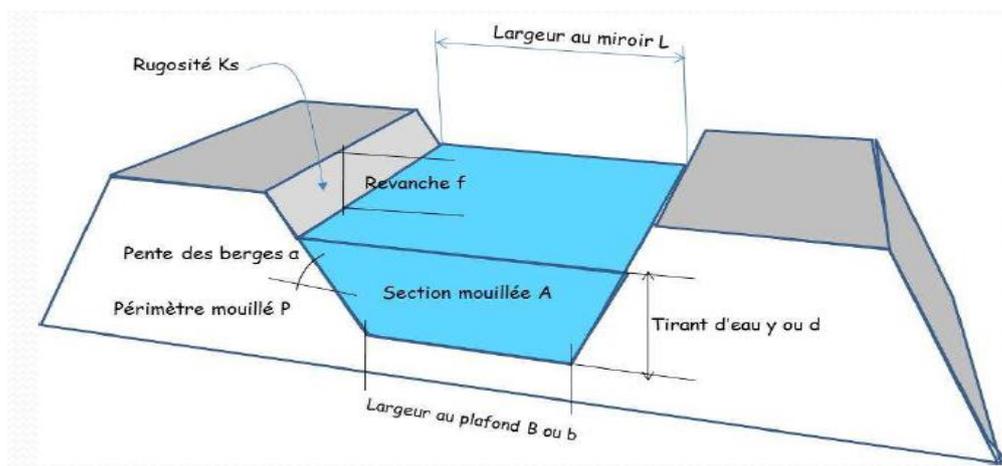
résultats empiriques obtenus sur des champs expérimentaux et les calculs à partir de formules.

A Kasunya, les résultats empiriques ont guidé le choix des espacements de drains. Les drains de parcelle avaient au départ une profondeur de 15 cm et étaient espacés de 11,2m. Avec le nouveau programme les drains sont espacés de 5,6m et ont une profondeur de 60cm. La réduction de l'espacement et l'augmentation de la profondeur et par conséquent l'augmentation de la section sont dues au fait qu'il y'avait des insuffisances de drainage dans les parties basses. De plus, il est plus facile d'évacuer l'eau de surface et de favoriser le ruissellement par des drains rapprochés et profonds (A LASSOUDIÈRE, 2005).

### b) Débit drainé

Le débit est calculé par la formule de Manning-Strickler :

$$Q = K_s * S * R_h^{2/3} * \sqrt{I}$$



P est le périmètre mouillé :  $P = B + 2y\sqrt{m^2 + 1}$

S est La section mouillée :  $S = y*(B+my)$

$R_h$  Est le rayon hydraulique :  $R_h = \frac{S}{P} = \frac{y*(B+my)}{B+2y\sqrt{m^2+1}}$

Avec :  $y$ =tirant d'eau dans la section ;  $B$ = largeur au plafond de la section ;

$m = \frac{1}{\tan \alpha}$  =fruit des berges de la section ;  $\alpha$  est l'angle que fait la berge avec l'horizontale.

Le débit drainé par unité de surface horizontale est :  $q (m^3/s/m^2) = \frac{Q}{y*W}$

$W$ =longueur du drain.

### c) Construction des drains

Les mini excavatrices font les amorces des drains sur une longueur de 10m en aval et en amont. Ensuite les tracteurs équipés de rigoleuse R55 font deux passages sans le système laser et évitent d'aller à une profondeur supérieure au 2/3 de la profondeur finale de drain. Puis on détermine la pente moyenne du terrain en utilisant le système laser de façon à éviter d'éventuelles sur profondeurs et sous-profondeurs en dehors du minimum et maximum de profondeur admissible de drain. Enfin, les tracteurs équipés de rigoleuse 65R font les derniers passages en utilisant le système laser.

- ✓ **Détermination de la pente moyenne :** L'émetteur est placé en tête de la ligne ou le premier drain de la parcelle doit être construit puis avec une mire on fixe le point zéro et ensuite, au niveau de trois points choisis arbitrairement on lit les pentes pour enfin calculer la pente moyenne. La valeur de la pente moyenne est ensuite entrée dans l'émetteur et servira pour la construction des drains de la parcelle.
- ✓ **Guidage des tracteurs :** L'émetteur est implanté en tête de la ligne ou le drain doit être construit. Il est orienté dans la direction des drains et la pente moyenne est affichée et communiquée au récepteur. D'une façon générale, un affichage de pente agit sur une direction déterminée du plan de guidage signalé sur l'émetteur lui-même par un repère précis. Seule la concordance de cette direction d'action de l'affichage avec la direction de travail du tracteur muni de rigoleuse assure une pente de guidage rigoureusement égale à la pente affichée. Les écarts entre la pente moyenne et la pente réelle de chaque tronçon sont compensés par le système de changement de pente. Le tracteur se place devant l'émetteur. Le conducteur installe le récepteur sur le mât qui se trouve sur la rigoleuse de manière à capter le rayon laser. Le récepteur une fois placé sur le plan de guidage, il entame la construction du drain tout en faisant avancer la machine. Grâce au boîtier de contrôle et à un jeu de lampe le conducteur arrive à agir sur les leviers pour effectuer les changements éventuels de pente permettant de réaliser un profil le plus régulier possible sans sur profondeur ni sous profondeur.

## 4.2. MISE EN PLACE D'OUTIL DE SUIVI DE L'ACTIVITE DRAINAGE

Le suivi des travaux des différentes équipes a permis de mettre en place des tableaux croisés dynamiques. Un Tableau Croisé Dynamique (en Anglais Pivot Table), en abrégé

« TCD » est une fonctionnalité de certains tableurs qui permet de générer une synthèse d'une table de données brutes. Le « TCD » permet de regrouper des données selon une ou plusieurs de ses propres catégories (colonnes ou champs) et faire les opérations nécessaires (sommations, moyennes, etc.). Le « TCD » peut donc créer des mises en forme de tableaux en répartissant les différents champs voulus en abscisses ou ordonnées.

La base de départ est une plage de cellules ou chaque ligne correspond à un enregistrement. La première ligne de la plage est constituée des titres des champs (en-tête des colonnes). Avec ces titres de champs qu'on sélectionne ou pas, on arrange le Tableau Croisé Dynamique. Dans une zone déterminée par le « TCD » on fait glisser les champs soit sur une colonne soit sur une ligne du modèle. L'ordre des champs dans les lignes et les colonnes permet des regroupements de données variées. Le glissement possible des champs sur les lignes ou les colonnes est à l'origine de l'expression anglaise « Tableau Tournant » et le « croisement » des données entre des champs repartis à volonté en ligne et/ou en colonne explique l'expression française de « Tableau Croisé ». Il est dynamique parce que l'on peut apporter des changements soit à la disposition du « TCD » soit à la table des données brutes, et « rafraîchir » pour que le tableau croisé soit actualisé en fonction des données du tableau de base ou de la disposition particulière modifiée.

Depuis Excel 97, le tableau croisé dynamique est généré grâce à un assistant. Sous Excel 2007 et 2010, l'onglet « Insertion » du ruban, dans le groupe « Tableaux » : « Tableau Croisé Dynamique » permet de lancer l'assistant.

Les données recueillies lors du suivi des différentes équipes et les calculs effectués dans les tableaux croisés dynamiques ont permis de mettre en évidence des indicateurs de performance. Les indicateurs de performance constituent un cadre de référence conditionnant les bons comportements et les bonnes prises de décisions. Ils aident à mesurer, évaluer, à détecter les failles ou encore à mesurer la marge de progression pour une montée en puissance de la performance des équipes (T JOUENNE, 2012).

## **4.3. LA PHASE PREPARATOIRE**

### **4.3.1. Méthodes**

Elle a concerné la recherche documentaire et les rencontres avec les responsables des différents services (technique, agronomique et production) afin de comprendre le fonctionnement de la plantation. Elle a consisté à la collecte :

- Des informations sur le drainage et en particulier le drainage avec guidage au laser des machines ;
- Des données sur la région ;
- Des données sur le sol, la topographie et le climat ;
- La documentation existante sur la zone d'études et les études similaires ;
- Les informations auprès des personnes ressources.

#### **4.3.2. Matériels**

Pour ce travail, un certain nombre d'outils ont été utilisés. Il s'agit de :

- Un bloc-notes, en plus d'un crayon et un stylo à billes ;
- Un ordinateur.

### **4.4. LA PHASE D'INVESTIGATION DE TERRAIN ET DE SUIVI DES TRAVAUX DE REALISATION DES DRAINS**

Elle a consisté au diagnostic de l'existant et au suivi des travaux menés par toutes les équipes impliquées dans le drainage. Le suivi de ces travaux a permis de récolter des données pour la mise en place d'une base de données.

#### **4.4.1. Méthodes**

- Diagnostic des périmètres irrigués et du réseau de drainage ;
- Suivi des activités de création, de rénovation et d'entretien des drains.

#### **4.4.2. Matériels**

Pour ce travail, un certain nombre d'outils ont été utilisés. Il s'agit de :

- Une moto pour faciliter les déplacements sur la plantation ;
- Le laser rotatif : l'émetteur, le récepteur, le boîtier de contrôle ;
- Un mètre ruban ;
- Des bottes ;
- Un bloc-notes, en plus d'un crayon et un stylo à billes ;
- Un ordinateur

## 4.5. LA PHASE DE TRAITEMENT, ANALYSE DES DONNEES ET PRODUCTION DU MEMOIRE

L'objet de cette phase est de faire à la lumière des termes de référence, l'analyse et la synthèse des informations et données issues aussi bien de la phase recherche documentaire que du travail de terrain. La finalité est d'arriver à proposer des stratégies de valorisation des mutations positives et minimisation des mutations négatives. Le matériel utilisé pour ce travail : un ordinateur.

Pour évaluer l'impact du drainage sur le plan agronomique, une comparaison du nombre moyen de mains et de la hauteur moyenne des rejets, sur des parcelles drainées et des parcelles non drainées, a été faite. Pour s'assurer que les écarts entre ces paramètres sont significatifs, des tests d'hypothèse ont été menés. Il s'agit du test d'hypothèse de Student et du test d'hypothèse de Fisher.

En statistique, un test d'hypothèse est une démarche consistant à évaluer une hypothèse statistique en fonction d'un jeu de données ou échantillon (Wikipédia, Juin 2013).

- Test de Student, comparaison de deux moyennes ; Principe : Soient  $X_1$  et  $X_2$  deux variables aléatoires indépendantes de lois normales de moyennes  $\mu_1$  et  $\mu_2$ , et d'écart types  $\sigma_1$  et  $\sigma_2$ . On dispose de deux échantillons indépendants  $\{X_1^{(1)}, \dots, X_{n_1}^{(1)}\}$  et  $\{X_1^{(2)}, \dots, X_{n_2}^{(2)}\}$  tels que  $X_i^{(1)}$  (resp  $X_i^{(2)}$ ) suit la même loi que  $X_1$  (resp  $X_2$ ). Sachant les échantillons, on cherche à décider si les moyennes  $\mu_1$  et  $\mu_2$ , sont significativement différentes ou non. On teste alors  $H_0: \mu_1 = \mu_2$  contre  $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$  au risque  $\alpha$ .

On utilise le test de Student pour deux échantillons indépendants.

Si  $n_1$  ou  $n_2$  est inférieur à 30 et  $\sigma_1 \neq \sigma_2$ , on calcule  $T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1 - 1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2 - 1}}}$

On rejette  $H_0$  au risque  $\alpha$  si  $T$  n'appartient pas à l'intervalle  $\left[-t_{1-\frac{\alpha}{2}, \nu}; t_{1-\frac{\alpha}{2}, \nu}\right]$  ou la valeur  $t_{1-\frac{\alpha}{2}, \nu}$  est lue dans la table de Student à  $\nu$  degré de liberté ;  $\nu$  est l'entier le plus proche de :

$$\frac{\left[\frac{\sigma_1^2}{n_1 - 1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2 - 1}\right]^2}{\frac{\sigma_1^4}{(n_1 - 1)n_1^2} + \frac{\sigma_2^4}{(n_2 - 1)n_2^2}}$$

Test de Fisher, comparaison de deux variances ; Principe : Avec les mêmes notations que précédemment, on teste  $H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$  contre  $H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$  risque  $\alpha$ .

La statistique de test est définie par :  $T = \frac{\hat{\sigma}_1^2}{\hat{\sigma}_2^2}$  avec  $\hat{\sigma}_1^2 = \frac{n_1 * \sigma_1^2}{n_1 - 1}$  et  $\hat{\sigma}_2^2 = \frac{n_2 * \sigma_2^2}{n_2 - 1}$

D'après les propriétés des variables aléatoires de la loi de Gauss, T suit une loi de Fisher à  $(n_1 - 1; n_2 - 1)$  degrés de liberté.

On rejette  $H_0$  au risque  $\alpha$  si  $z$  n'appartient pas à l'intervalle  $\left[ F_{\frac{\alpha}{2}}(n_1 - 1; n_2 - 1); F_{1-\frac{\alpha}{2}}(n_1 - 1; n_2 - 1) \right]$  où la valeur  $F_\alpha$  est la valeur de l'inverse de la fonction de répartition de la loi de Fisher de  $(n_1 - 1; n_2 - 1)$  degrés de liberté au point  $\alpha$ . Cette valeur est lue dans la table de Fisher-Snédecour à  $n_1 - 1$  et  $n_2 - 1$  degrés de liberté.

Remarque :  $F_{\frac{\alpha}{2}}(n_1 - 1; n_2 - 1) = \frac{1}{F_{1-\frac{\alpha}{2}}(n_1 - 1; n_2 - 1)}$

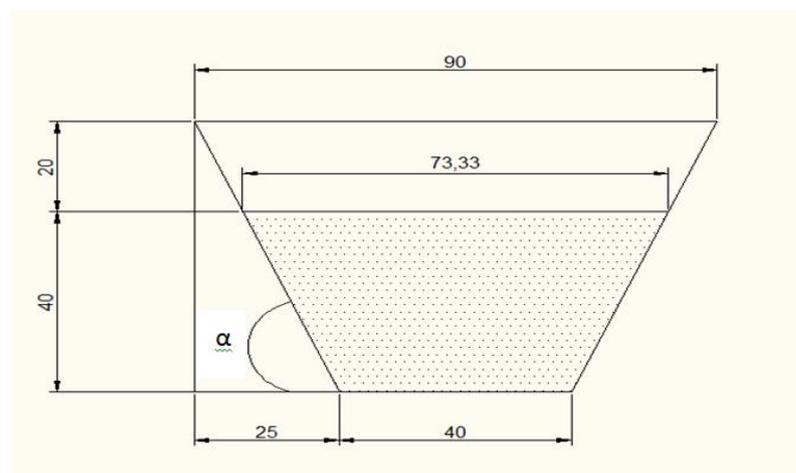
## V. RESULTATS

### 5.1. IMPACTS DU DRAINAGE SUR LE PLAN TECHNIQUE, AGRONOMIQUE ET ECONOMIQUE

#### 5.1.1. Impact du drainage et du système laser sur le plan technique

Le système laser a été introduit dans l'optique d'améliorer le système de drainage par l'exécution de drains capables d'évacuer efficacement les eaux. L'évacuation appropriée des eaux permettrait d'éviter les phénomènes d'engorgement. Sur la plupart des parcelles drainées, aucun phénomène d'engorgement n'a été constaté après les pluies. L'écoulement des eaux est favorisé par les pentes moyennes mesurées, les talus des canaux, l'aspect rectiligne des canaux et la bonne disposition des terres excavées. Le débit drainé par les drains de parcelle est :

$$Q = K_s * S * R_h^{2/3} * \sqrt{I} = K_s * \frac{[y * (B + my)]^{\frac{5}{3}}}{[B + 2y\sqrt{m^2 + 1}]^{\frac{2}{3}}} * \sqrt{I}$$



$$K_s = \frac{1}{0,035}; \quad I=0,5\% ; \quad m=1/\text{tg}\alpha = 1/60/25= 0,42 ; \quad y=40\text{cm} ; \quad B=73,33$$

$$\text{AN: } Q = \frac{1}{0,035} * \frac{[0,40*(0,7333+0,42*0,40)]^{\frac{5}{3}}}{[0,7333+2*0,40\sqrt{0,42^2+1}]^{\frac{2}{3}}} * \sqrt{0,005}$$

$$\underline{\underline{Q = 3,812\text{m}^3/\text{s}}}$$

Le débit drainé par unité de surface horizontale :

Pour un drain de 100m de long (W=100m)

$$q = \frac{Q}{y * W} = \frac{3,812}{0,4 * 100} = 0,095 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2 = 8,24\text{mm}/\text{j}$$

Par suite : **q=8,24mm/j**

Une surface de 1 hectare contient  $100/5,6 = 17$  drains donc 17 unité de surface horizontale. Par conséquent le débit drainé par hectare est  $q=17*8,24 = 140,08\text{mm}/\text{j}$ .

Pour voir l'efficacité du système laser dans la contribution à l'amélioration du drainage, une comparaison a été faite entre drains faits au laser et ceux faits sans laser. La comparaison a été faite après des pluies sur les drains des parcelles D1 et D2 du secteur 3 ; F1 et F2 du secteur 4 ; L1, L2 et L3 du secteur 5 ; E4 et E5 du secteur 7. Après les pluies les constats sont les suivants :

**Tableau I : Comparaison entre drains faits avec laser et drains faits sans laser**

	Secteur	Parcelle	Drains avec laser			Drains sans laser		
			Nombre de drains ou l'eau stagne	Nombre total de drains	Pourcentage de drains ou l'eau stagne (%)	Nombre de drains ou l'eau stagne	Nombre total de drains	Pourcentage de drains ou l'eau stagne (%)
Après la pluie du 31 Mars P=7mm; Station secteur 7	7	E4 (4,65ha)	4	36	11,11	8	36	22,22
	7	E5 (4,01ha)	2	36	5,56	7	36	19,44
Après la pluie du 2 Avril P=29mm; Station secteur 7	7	E4 (4,65ha)	5	36	13,89	13	36	36,11
	7	E5 (4,01ha)	4	36	11,11	10	36	27,78
Après la pluie du 20 Mars P=32mm; Station secteur 3	3	D1 (6,183ha)	6	40	15,00	-	-	-
	3	D2 (4,731ha)	5	36	13,89	-	-	-
Après la pluie du 20 Mars P=32mm; Station secteur 4	4	F1 (2,24)	1	20	5,00	-	-	-
	4	F2 (4,15)	2	36	5,56	-	-	-
Après la pluie du 20 Mars P=29mm; Station secteur 5	5	L1 (4,19)	1	19	5,26	4	19	21,05
	5	L2 (4,14)	1	19	5,26	3	18	16,67
	5	L3 (4,012)	0	18	0,00	4	18	22,22

Les pourcentages de drains faits au laser ou l'eau stagne varient entre 0% et 15%. Tandis que ceux des drains sans laser varient entre 16,67% et 36,11%. L'eau stagne dans 31 drains sur un total de 332 drains faits avec guidage des machines au laser soit 9,34%. L'eau stagne dans 49 drains sur un total de 199 drains faits sans guidage des machines au laser soit 24,62%.

### **5.1.2. Impact du drainage sur le plan agronomique**

Par le biais du drainage, on retire l'excédent d'eau de la rhizosphère et on aère cette zone du sol afin de faciliter l'absorption des nutriments par les racines des plantes et on optimise le rendement des cultures. Grace à cela, on assure une croissance rapide et rigoureuse des plants et une récolte maximale (S DAUREBANDE, 1982).

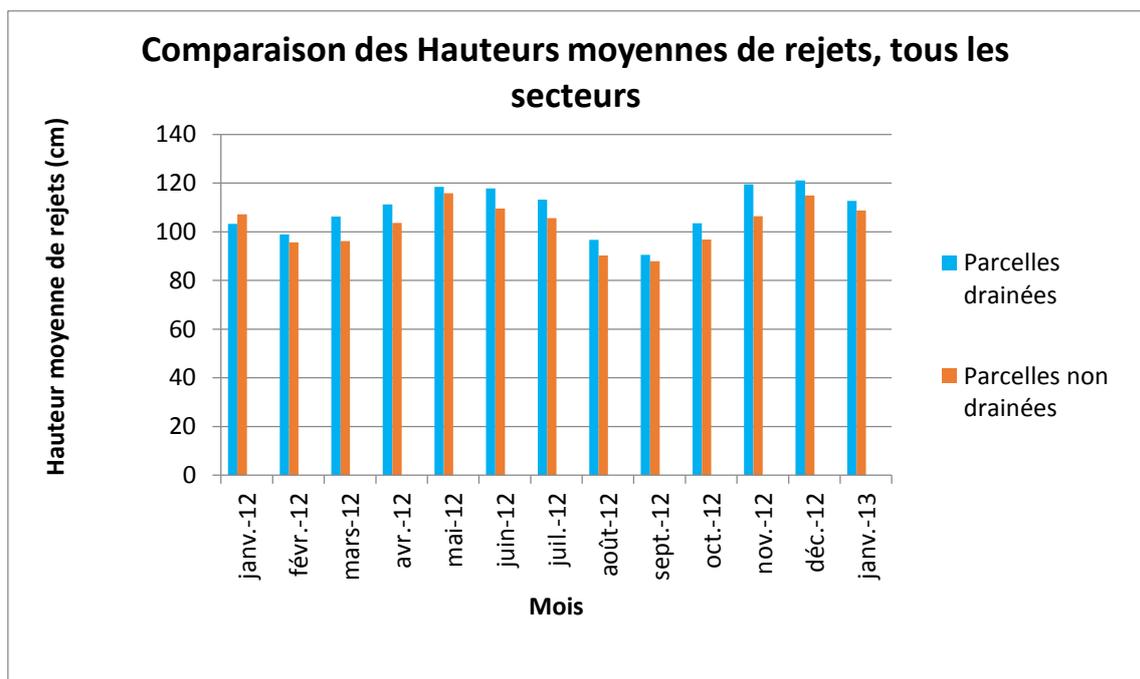
Les paramètres agronomiques utilisés pour voir si le drainage est efficace sont : le nombre moyen de mains par mois et la taille moyenne des rejets par mois. Le nombre de main est important parce qu'il permet de voir si le bananier se trouve dans de bonnes conditions pour produire. Le bananier émet des ramifications latérales (rejets) qui vont lui succéder. Un seul rejet sera sélectionné ce qui fait que la taille est un bon facteur de sélection car il permet de voir celui qui utilise efficacement les réserves du pied-mère et qui est capable d'assurer la succession.

Une étude comparative des bananiers de parcelles voisines dans chaque secteur a été faite par le service agronomique. Cette étude a couvert la période de Janvier 2012 à Janvier 2013. Les données brutes sont consignées en [Annexe 1](#), les résultats obtenus en considérant le groupe des parcelles drainées et le groupe parcelles non drainées sont les suivants :

**a) Hauteur moyenne de rejets (cm)**

**Tableau II : Hauteurs moyennes de rejets de tous les secteurs**

Hauteur moyenne de rejets (cm)		
Mois	Parcelles drainées (1)	Parcelles non drainées (2)
janv-12	103,32	107,23
févr-12	98,89	95,62
mars-12	106,25	96,2
avr-12	111,29	103,63
mai-12	118,55	115,88
juin-12	117,84	109,61
juil-12	113,23	105,58
août-12	96,71	90,27
sept-12	90,53	87,94
oct-12	103,47	96,79
nov-12	119,54	106,42
déc-12	121,11	114,99
janv-13	112,76	108,8



**Figure VIII : Graphiques des Hauteurs moyennes de rejets**

Parcelles drainées : Minimum : m=90,53cm (mois de Septembre); Maximum : M=121,11cm (mois de Décembre).

Parcelles non drainées : Minimum m=87,94cm (mois de Septembre) ; Maximum : M=115,88 (mois de Mars).

A partir du graphique des hauteurs moyennes de rejets on constate en général que les hauteurs moyennes de rejets des parcelles drainées sont supérieures à celles des parcelles non drainées. . Afin de voir s'il existe une différence significative entre les hauteurs moyennes de rejets des deux populations, il y'a lieu d'appliquer des tests d'hypothèse. Les tests d'hypothèse de Student et de Fisher sur les deux populations donnent les résultats suivants :

- Test de Student, comparaison de deux moyennes

Les effectifs :  $n_1=13$  et  $n_2=13$

Les paramètres de statistique descriptive sont donnés par :

i=	1	2
Moyenne $\bar{X}_i$	108,730	102,997
Ecart type $\sigma_i$	9,316	8,556
Variance $\sigma_i^2$	86,786	73,212

Calcul de :  $T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1 - 1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2 - 1}}}$  on trouve T=1,57

$\nu$  Est l'entier proche de :

$$\frac{\left[ \frac{\sigma_1^2}{n_1 - 1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2 - 1} \right]^2}{\frac{\sigma_1^4}{(n_1 - 1)n_1^2} + \frac{\sigma_2^4}{(n_2 - 1)n_2^2}} = 27,965$$

$$\nu = 28$$

$t_{1-\frac{\alpha}{2}, \nu}$  Est lu dans la table de Student ([Annexe 2](#)) à  $\nu = 28$  degré de liberté et au risque  $\alpha=5\%$ . On trouve  $t_{1-\frac{\alpha}{2}, \nu} = 2,0484$ . T=1,57 appartient à l'intervalle : [-2,0484 ; 2,0484].

L'Hypothèse H0 d'égalité des moyennes n'est pas rejetée, l'écart entre la hauteur moyenne de rejet des parcelles drainées et celle des parcelles non drainées n'est pas significatif.

- Test de Fisher, comparaison de deux variances

Les effectifs :  $n_1=13$  et  $n_2=13$

Les paramètres de statistique descriptive sont donnés par :

i=	1	2
Moyenne $\bar{X}_i$	108,730	102,997
Ecart type $\sigma_i$	9,316	8,556
Variance $\sigma_i^2$	86,786	73,212

Calcul de :  $T = \frac{\hat{\sigma}_1^2}{\hat{\sigma}_2^2}$  avec  $\hat{\sigma}_1^2 = \frac{n_1 \cdot \sigma_1^2}{n_1 - 1}$  et  $\hat{\sigma}_2^2 = \frac{n_2 \cdot \sigma_2^2}{n_2 - 1}$  on trouve T=1,185

$F_{1-\frac{\alpha}{2}}(n_1 - 1; n_2 - 1)$  Est lu dans la table de Fisher (**Annexe 3**) à (12 ; 12) degrés de liberté et au risque  $\alpha=5\%$ . On trouve  $F_{1-\frac{\alpha}{2}}(n_1 - 1; n_2 - 1) = 3,294$ .

$$F_{\frac{\alpha}{2}}(n_1 - 1; n_2 - 1) = \frac{1}{F_{1-\frac{\alpha}{2}}(n_1-1; n_2-1)} = 0,303$$

T=1,185 appartient à l'intervalle : [0,303 ; 3,294].

L'Hypothèse H0 d'égalité des variances n'est pas rejetée, l'écart entre la hauteur moyenne de rejet des parcelles drainées et celle des parcelles non drainées n'est pas significatif.

#### b) Nombre moyen de mains

Les résultats :

**Tableau III : Nombres moyens de mains de tous les secteurs**

Nombres moyens de mains		
Mois	Parcelles drainées (1)	Parcelles non drainées (2)
janv-12	7,12	7,03
févr-12	6,92	6,8
mars-12	7,05	6,8
avr-12	7,17	6,57
mai-12	7,28	6,61
juin-12	7,31	6,65
juil-12	7,05	6,59
août-12	6,96	6,43
sept-12	6,82	6,91
oct-12	7,06	6,87
nov-12	7,46	7,12
déc-12	7,32	7,12
janv-13	7,36	7,17

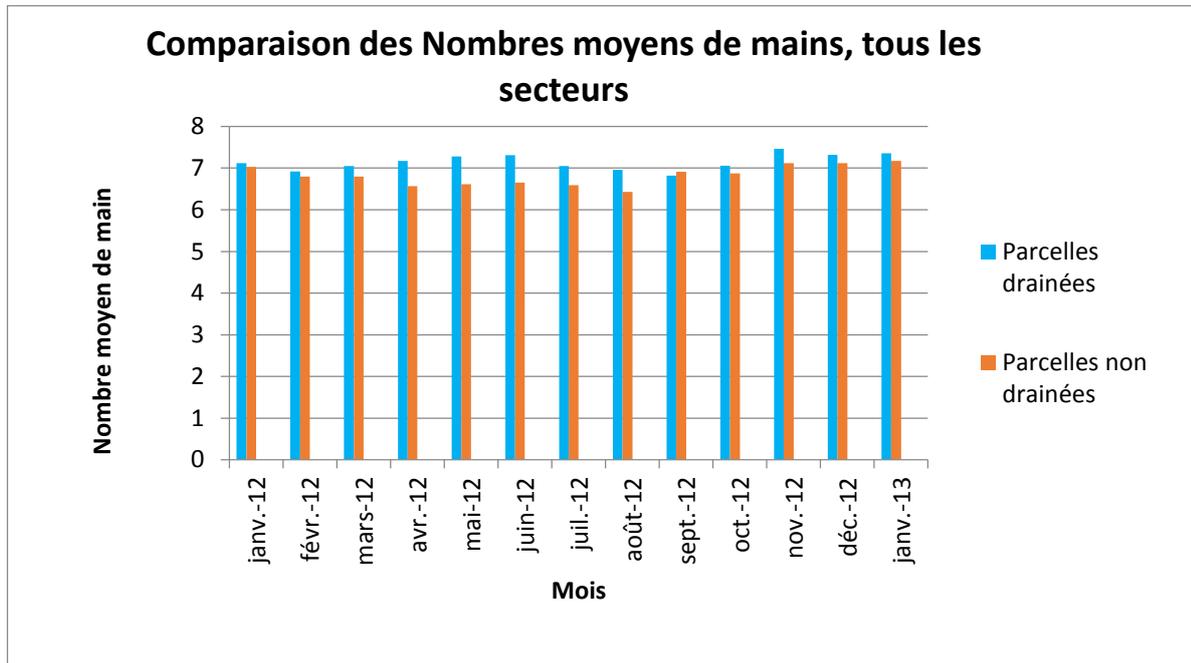


Figure IIX : Graphiques des Nombres moyens de mains

Parcelles drainées : Minimum : m=6,82 (mois de Septembre); Maximum : M=7,46 (mois de Novembre).

Parcelles non drainées : Minimum m=6,43 (mois de Aout) ; Maximum : M=7,17 (mois de Janvier).

A partir du graphique des nombres moyens de mains on constate en général que les nombres moyens de mains des parcelles drainées sont supérieures à ceux des parcelles non drainées. . Afin de voir s’il existe une différence significative entre les nombres moyens de mains des deux populations, il y’a lieu d’appliquer des tests d’hypothèse. Les tests d’hypothèse de Student et de Fisher sur les deux populations donnent les résultats suivants :

- Test de Student, comparaison de deux moyennes

Les effectifs :  $n_1=13$  et  $n_2=13$

Les paramètres de statistique descriptive sont donnés par :

i	1	2
Moyenne $\bar{X}_i$	7,145	6,821
Ecart type $\sigma_i$	0,184	0,232
Variance $\sigma_i^2$	0,034	0,054

Calcul de :  $T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1 - 1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2 - 1}}}$  on trouve T=3,793

$\nu$  Est l'entier proche de :

$$\frac{\left[ \frac{\sigma_1^2}{n_1 - 1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2 - 1} \right]^2}{\frac{\sigma_1^4}{(n_1 - 1)n_1^2} + \frac{\sigma_2^4}{(n_2 - 1)n_2^2}} = 26,767$$

$$\nu = 27$$

$t_{1-\frac{\alpha}{2}, \nu}$  Est lu dans la table de Student (**Annexe 2**) à  $\nu = 27$  degré de liberté et au risque  $\alpha=5\%$ . On trouve  $t_{1-\frac{\alpha}{2}, \nu} = 2,0518$ .  $T=3,793$  n'appartient pas à l'intervalle :  $[-2,0518 ; 2,0518]$ . L'Hypothèse  $H_0$  d'égalité des moyennes est rejetée au seuil 5%.

- Test de Fisher, comparaison de deux variances

Les effectifs :  $n_1=13$  et  $n_2=13$

Les paramètres de statistique descriptive sont donnés par :

i	1	2
Moyenne $\bar{X}_i$	7,145	6,821
Ecart type $\sigma_i$	0,184	0,232
Variance $\sigma_i^2$	0,034	0,054

Calcul de :  $T = \frac{\hat{\sigma}_1^2}{\hat{\sigma}_2^2}$  avec  $\hat{\sigma}_1^2 = \frac{n_1 * \sigma_1^2}{n_1 - 1}$  et  $\hat{\sigma}_2^2 = \frac{n_2 * \sigma_2^2}{n_2 - 1}$  on trouve T=0,628

On doit tester  $H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$  contre  $H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$  risque  $\alpha=5\%$ , c'est donc un test bilatéral : il rejette les valeurs à l'extérieur de l'intervalle  $\left[ F_{\frac{\alpha}{2}}(n_1 - 1; n_2 - 1); F_{1-\frac{\alpha}{2}}(n_1 - 1; n_2 - 1) \right]$  ou  $F_{\frac{\alpha}{2}}$  et  $F_{1-\frac{\alpha}{2}}$  sont les quantiles d'ordre 0,025 et 0,975 de la loi de T sous  $H_0$ , qui est la loi de Fisher F (12 ; 12). Or le quantile d'ordre 0,025 est l'inverse du quantile d'ordre 0,975 de la loi F (12 ; 12). Il est donc plus simple d'échanger le rôle de X1 et X2, ce qui revient à calculer  $1/T = 1/0,628 = 1,593$ . Cette dernière doit être comparée au quantile d'ordre 0,975 de la loi de Fisher. Cette valeur limite est (on lit dans la table de Fisher **Annexe 3**) à (12 ; 12) degrés de liberté et au risque  $\alpha=5\%$ )  $F_{1-\frac{\alpha}{2}}(n_1 - 1; n_2 - 1) = 3,294$ . La valeur observée 1,593 est inférieure, donc on accepte l'hypothèse d'égalité des variances au seuil 5%.

### 5.1.3. Impact du drainage sur le plan environnemental

Le drainage des terres irriguées a une double fonction: réduire l'engorgement ainsi que contrôler et réduire la salinisation qui accompagne inévitablement l'engorgement dans les régions arides et semi-arides. Un drainage adéquat permet aussi une diversification des cultures, une intensification des cultures et une utilisation beaucoup plus efficace des intrants.

Lors de la construction des drains et après il y'a des impacts :

#### a) Les impacts en phase de construction des drains

La plupart des impacts sont apparemment négatifs à l'exception de la création d'emploi et de la lutte contre le sous-emploi et la création de revenus.

Les impacts majeurs de la phase de construction du projet sont :

- ✓ Dégradation de la qualité de l'air par les envols de poussières et de fumées dégagées par les chantiers (négatif, d'importance moyenne à mineure) ;
- ✓ Dégradation de la structure des sols par tassement (négatif, d'importance moyenne) ;
- ✓ Dégradation de la qualité des sols par pollution liée aux chantiers (négatif, d'importance mineure);
- ✓ Perturbation et remaniement du profil initial des sols lors de la réalisation des principaux canaux de drainage (négatif, d'importance moyenne) ;
- ✓ Risque de dégradation de la qualité des eaux par pollution liée aux chantiers (négatif, d'importance mineure) ;
- ✓ Destruction de bananiers, d'espèces ligneuses et herbacées (négatif, d'importance majeure) ;
- ✓ Destruction de la faune et de son habitat (négatif, d'importance mineure);
- ✓ Perturbation, dérangement et délogement de la faune (négatif d'importance mineure);
- ✓ Création d'emplois et embauche de la population locale (positif, d'importance majeure);
- ✓ Accroissement des revenus par le paiement des salaires (positif, d'importance majeure) ;
- ✓ Prolifération des infections respiratoires liées à la dégradation de l'air pendant les travaux (négatif, d'importance moyenne);
- ✓ Risques d'accidents de travail et de circulation (négatif, d'importance majeure);
- ✓ Nuisances sonores et/ou nuisances liées aux vibrations (négatif, d'importance mineure)

#### b) Les impacts après la construction

A Kasunya, Il existe déjà un réseau de drainage dans certains secteurs. De plus la plantation bénéficie des infrastructures (drains primaires) du « Kpong Irrigation Project ». Les

émissaires de drainage collectent les eaux agricoles ainsi que les eaux des stations de conditionnement. Ces eaux sont rejetées dans les lacs Kasu et Nyapia. Le lac Kasu reçoit les eaux des installations des secteurs : 0, 1, 2, 3 et 4 ; le lac Nyapia reçoit les eaux des secteurs : 5, 6, 7 et 8.

Les eaux de drainage sont chargées en substances chimiques d'origines diverses. Les charges polluantes identifiées proviennent du lessivage des sols parcourus par les eaux d'irrigation, les résidus de pesticides et d'engrais chimiques utilisés dans les activités agricoles. Ces eaux ne sont donc pas sans conséquences ; elles contaminent les lacs Kasu et Nyapia qui sont des sources d'eau de consommation et sont le siège d'activités socio-économique telles que la lessive, la pêche. La contamination peut atteindre les eaux souterraines par infiltration. Il y'aura aussi une détérioration des sols par érosion due aux écoulements.

Les canaux primaires traversent le village de Kasunya situé non loin de la plantation. Le contact permanent des populations (riziculteurs, pêcheurs, enfants, ménagères, etc.) avec l'eau pose des problèmes d'hygiène et d'assainissement et de prolifération de maladies hydriques (paludisme, bilharziose, maladies diarrhéiques, etc.). Parce qu'il concentre l'eau et l'humidité préalablement présentes sur toute la parcelle, le fossé est une véritable zone tampon où se développe une végétation aquatique qui attire une faune spécifique des milieux humides (libellules, reptiles, amphibiens..). Les bordures boisées abritent notamment des peuplements remarquables d'insectes, d'oiseaux et de batraciens. Les poissons et les mollusques empruntent souvent les canaux de drainage étendant ainsi la zone de pêche de subsistance

## **5.2. RESULTATS DU SUIVI DES TRAVAUX DE DRAINAGE**

Le suivi des travaux de drainage menés par chaque équipe a permis de mettre en place une base de données (Tableau Croisé Dynamique) et de mettre en place des indicateurs de performance.

### **5.2.1. Base de données et indicateurs de performance de l'équipe Drainage Manpower Operator (DMO)**

- **Les mini pelles excavatrices**

Les données considérées pour la mise en place de la base de données des conducteurs des mini pelles excavatrices sont : Le numéro de la semaine ; la date ; l'IA ou code matériel ; le secteur et les informations sur la parcelle ou le travail a lieu ; le nom de l'opérateur ; le code

machine ; le temps de travail ; le temps de marche des machines ; la longueur et la surface préparée pour les tracteurs ; le nombre de tranchées ; le type de tranchée ; la consommation de gasoil (**Annexe 4**). Ces données ont permis de calculer des ratios tels que : la longueur de tranchée par heure, le temps de marche à l'hectare, la consommation horaire, la consommation à l'hectare, le nombre de journées à l'hectare.

Les Indicateurs de performance considérés sont : la longueur préparée pour les tracteurs par journée de travail, la surface préparée pour les tracteurs par journée de travail, la longueur totale de tranchée construite par heure, le nombre de journée à l'hectare. La période du 4 Avril au 19 Avril a été choisie pour calculer les grandeurs statistiques (minimum, moyenne, écart type, coefficient de variation) des indicateurs de performance. Les résultats des analyses statistiques sur les indicateurs de performance sont consignés dans le tableau suivant :

**Tableau IV : Paramètres de statistique descriptive des Indicateurs de performance des mini pelles excavatrices**

Indicateur de performance des mini pelles excavatrices	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type	Coefficient de variation
La longueur préparée pour les tracteurs par journée de travail (m/j)	10	360	76	66	0,87
La surface préparée pour les tracteurs par journée de travail (ha/j)	0,06	2,02	0,43	0,35	0,81
La longueur totale de tranchées construites par heure (m/h)	4	300	22		
Le nombre de journées à l'hectare (j/ha)	0,2	5,2	1,7	0,9	0,53

- **Les tracteurs**

Les données considérées pour la mise en place de la base de données des conducteurs de tracteurs sont : Le numéro de la semaine ; la date ; l'IA ou code matériel ; le secteur et les informations sur la parcelle où le travail a lieu ; le nom de l'opérateur ; le code machine ; le temps de travail ; le temps de marche des machines ; la longueur totale de drains construits et la surface travaillée par jour ; la consommation de gasoil (**Annexe 5**). Ces données ont permis de calculer des ratios tels que : la longueur de drains construits par heure, le temps de marche à l'hectare, le nombre de journées à l'hectare.

Les Indicateurs de performance considérés sont : la surface achevée par journée de travail, la longueur de drains construits par heure et le nombre de journées à l'hectare. Les machines ont été groupées de la sorte : le groupe des tracteurs à pneumatiques et le groupe des tracteurs à chenilles. La période du 4 Avril au 18 Avril a été choisie pour calculer les grandeurs statistiques (minimum, moyenne, écart type, coefficient de variation) des indicateurs de performance. Les résultats des analyses statistiques sur les indicateurs de performance sont consignés dans le tableau suivant :

**Tableau V : Paramètres de statistique descriptive des Indicateurs de performance des tracteurs à pneumatiques**

Indicateur de performance des tracteurs à pneumatiques	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type	Coefficient de variation
La longueur achevée par journée de travail (m/j)	100	2200	600	355	0,59
La surface achevée par journée de travail (ha/j)	0,06	1,45	0,36	0,23	0,64
La longueur de drains construits par heure (m/h)	50	367	137	67	0,5
Le nombre de journées à l'hectare (j/ha)	0,5	4,5	1,9	0,91	0,48

**Tableau VI : Paramètres de statistique descriptive des Indicateurs de performance des tracteurs à chenilles**

Indicateur de performance des tracteurs à chenilles	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type	Coefficient de variation
La longueur achevée par journée de travail (m/j)	200	1800	915	359	0,39
La surface achevée par journée de travail (ha/j)	0,11	1,16	0,55	0,23	0,42
La longueur de drains construits par heure (m/h)	50	325	188	66	0,35
Le nombre de journées à l'hectare (j/ha)	0,5	4,4	1,4	0,74	0,53

### 5.2.2. Base de données et indicateurs de performance de l'équipe Drainage Manpower Adjustement (DMA)

Les données considérées pour la mise en place de la base de données sont: Le numéro de la semaine ; la date ; l'IA ou code matériel ; le secteur et les informations sur la parcelle où le travail a lieu ; le titre de l'équipe (A ou B ou C) ; le nombre de travailleurs présents dans chaque équipe ; la longueur achevée et la surface achevée par chaque équipe par journée de travail ([Annexe 6](#)). Ces données ont permis de calculer des ratios tels que : la longueur et la surface travaillée par heure et par personne et le nombre de journées à l'hectare. La période du 4 Avril au 19 Avril a été choisie pour calculer les grandeurs statistiques (minimum, moyenne, écart type, coefficient de variation) des indicateurs de performance. Les résultats des analyses statistiques sur les indicateurs de performance sont consignés dans le tableau suivant :

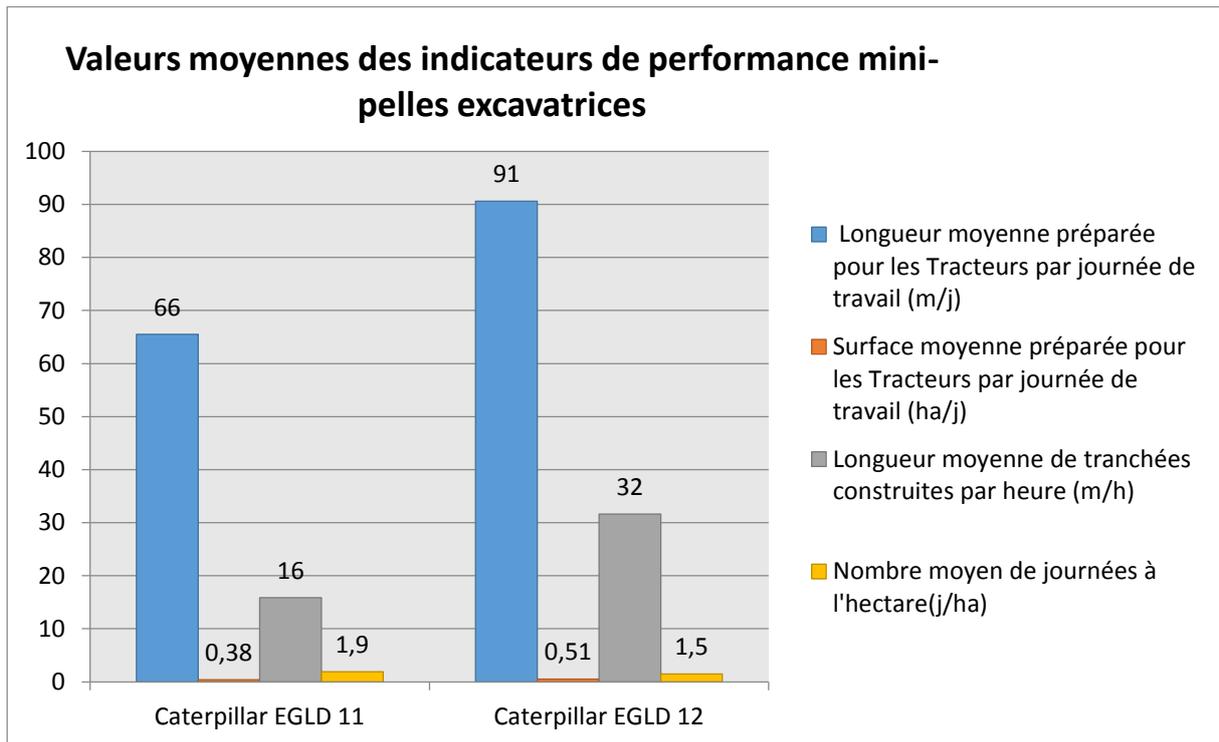
**Tableau VII : Paramètres de statistique descriptive des Indicateurs de performance de l'équipe des travaux manuels**

Indicateur de performance de l'équipe des travaux manuels (DMA)	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type	Coefficient de variation
La longueur travaillée par heure et par personne (m/h/personne)	9	13	12	0,8	0,07
La surface travaillée par heure et par personne (ha/h/personne)	0,03	0,008	0,007	0,001	0,14
Le nombre de journées à l'hectare (j/ha)	15	37	19	3,7	0,19

### 5.2.3. Objectifs à atteindre pour la réalisation efficiente des travaux de drainage restants

L'analyse des bases de données et les résultats des analyses statistiques des Indicateurs de performance devront permettre de détecter les failles, de les corriger, d'entamer des actions de prévention et de se fixer des cibles pour une réalisation efficiente de la suite des travaux de drainage.

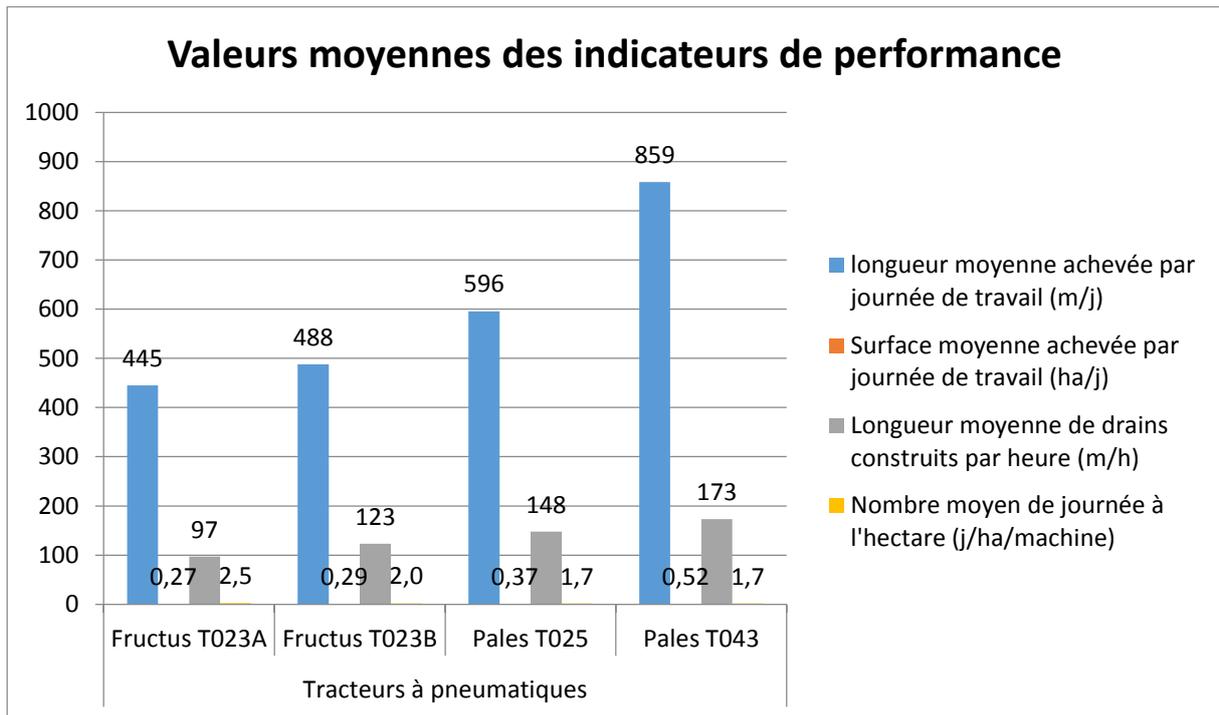
• **Cible pour les mini pelles excavatrices :**



**Figure X : Graphique des valeurs moyennes des indicateurs de performance, mini pelles excavatrices**

Le Caterpillar EGLD 11 fait en moyenne 16ml de tranchées par heure et le Caterpillar EGLD 12 en fait 32ml /h. Ils font en moyenne à eux deux 24ml/h ; pour un temps de marche compris entre 6 et 7 h on pourrait exiger d’avoir pour cible une longueur totale de tranchées par journée de travail appartenant à l’intervalle :  $[24*6 ; 24*7]$  ml/j =  $[144 ; 168]$  ml/j. En optant pour 160ml de tranchées par jour et en prenant comme standard 4ha de surface (36 drains séparés de 5,6m) cela revient à faire 0,88 hectare par jour.

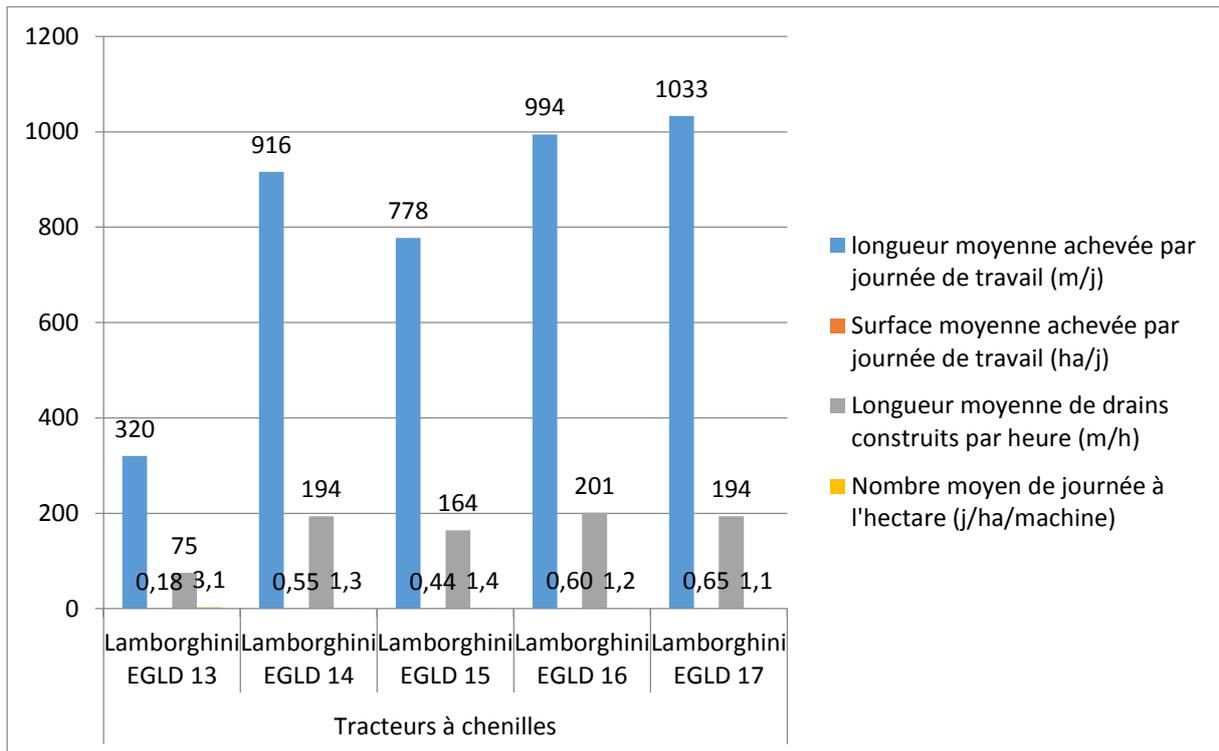
• **Cible pour les Tracteurs à pneumatiques**



**Figure XII : Graphique des valeurs moyennes des indicateurs de performance, tracteurs à pneumatiques.**

Les quatre tracteurs font en moyenne  $(97+123+148+173)/4 = 135,25$  ml/h. Pour un temps de marche compris entre 6 et 7h on pourrait exiger d'avoir pour cible une longueur totale de drains par journée de travail appartenant à l'intervalle :  $[6*135,25 ; 7*135,25] = [811,5 ; 946,75]$  ml/j. En optant pour 900 ml/j après deux passages et en prenant comme standard 4ha de surface (36 drains séparés de 5,6m) cela revient à faire par jour 9 drains de 100 ml soit 1 hectare par jour.

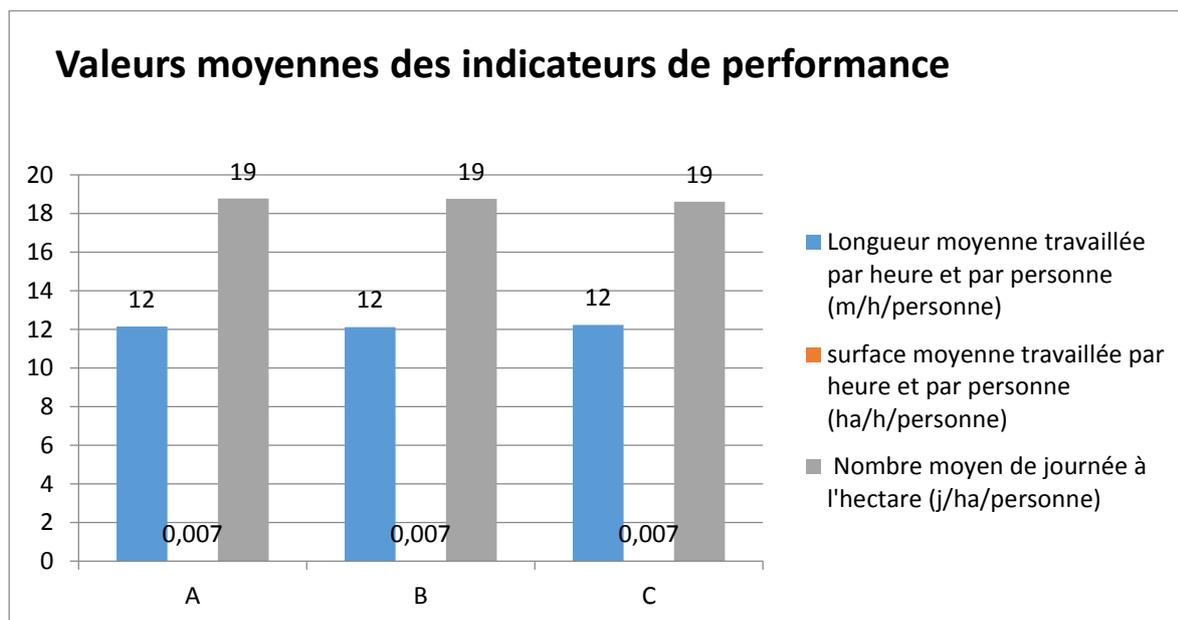
• **Cible pour les Tracteurs à chenilles**



**Figure XII : Graphique des valeurs moyennes des indicateurs de performance, tracteurs à chenilles.**

Les quatre Lamborghini font en moyenne  $(75+194+164+201)/4= 158,5$  ml/h. Pour un temps de marche compris entre 6 et 7h on pourrait exiger d'avoir pour cible une longueur totale de drains par journée de travail appartenant à l'intervalle :  $[6*158,5 ; 7*158,5]= [951 ; 1109,5]$  ml/j. En optant pour 1000 ml/j et en prenant comme standard 4ha de surface (36 drains séparés de 5,6m) cela revient à faire par jour 10 drains de 100 ml soit 1,1 hectare par jour.

- **Cible pour les équipes de travaux manuels**



**Figure XIII : Graphique des valeurs moyennes des indicateurs de performance, Equipes manuelles**

Les trois équipes ont les mêmes rendements. 12 ml de drain par heure et par personne soit en 6h de travail 72ml et en 7h, 84ml. En optant pour 80ml et en prenant comme standard 4ha de surface (36 drains séparés de 5,6m) cela revient à faire pour une équipe de 12 personnes 960 ml/j soit 1 hectare par jour.

- **Estimation des travaux restants :**

**Tableau VIII : Etat de lieu du drainage**

Secteur	Superficie (ha)	Superficie drainée (ha)	Superficie non drainée (ha)	Pourcentage drainée (%)	Pourcentage non drainée (%)
0 et 1	223,5	68,1	155,4	30,5	69,5
2	192,8	71	121,8	36,8	63,2
3	170,1	10,9	159,2	6,4	93,6
4	164,9	47,8	117,1	29,0	71,0
5	181,7	92,4	89,3	50,9	49,1
6	160	160	0	100,0	0,0
7	179,8	103,5	76,3	57,6	42,4
8	12	0	12	0,0	100,0
Total	1284,8	553,7	731,1	43,1	56,9

A la date du 1<sup>er</sup> Mai 2013 il reste 713.1 hectare de surface à drainer.

**Tableau IX : Estimation du temps nécessaire pour finir les travaux par équipe**

Equipe	Effectif	Cible		Surface (ha)	Temps (jour)	Temps (j)
Excavatrices	2	0,88	ha/j/machine	731,1	415,4	416
Tracteurs à pneumatiques	4	1	ha/j/machine	731,1	182,8	183
Tracteurs à chenille	4	1,11	ha/j/machine	731,1	164,7	165
Equipe manuelle	24	1	ha/j/12personnes	731,1	365,6	366

## **VI. DISCUSSION ET ANALYSES**

---

### **6.1. DISCUSSION ET ANALYSE : IMPACT DU DRAINAGE ET DU SYSTEME LASER SUR LE PLAN TECHNIQUE**

La construction des drains a permis d'éviter les phénomènes d'engorgement sur les parcelles où les drains ont été réalisés. Cela a aussi permis d'éviter le compactage des sols, d'augmenter la perméabilité des sols et d'éviter la formation des points de flaque d'eau. Les drains construits avant le programme de drainage (2011-2014) ont été faits sans considération de la topographie. Cette dernière et la pente sont des aspects techniques à prendre en compte pour la construction des drains. Avec le système laser, tous ces aspects ainsi que la direction des drains sont contrôlés.

La comparaison des drains faits avec guidage des machines au laser et ceux faits sans guidage des machines a permis de constater que les drains faits avec guidage sont rectilignes et que leur pente permet l'écoulement des eaux. Après les pluies on a aussi constaté que 9,34% des drains faits au laser n'arrivaient pas à évacuer totalement les eaux.

La construction mécanique des drains a été améliorée par le système de guidage. Le rendement moyen d'un tracteur muni de système laser est de 1000 ml/jour. Ce rendement est tributaire de :

- Caractéristiques de la rigoleuse ;
- Système de guidage ;
- Connaissance du conducteur ;
- Nature et topographie du terrain à drainer ;
- Conditions de travail.

Les difficultés rencontrées sont :

- ✓ Les amorces de drains réalisées par les excavatrices ne sont pas souvent bien exécutées ;
- ✓ Les premiers et deuxièmes passages faits par les tracteurs munis de rigoleuse R55 sont quelques fois profonds (au-delà du tiers de la profondeur finale) ;
- ✓ Le manque d'expérience du conducteur a été souvent à l'origine de certaines irrégularités ;
- ✓ Le conducteur agit tardivement lorsque la rigoleuse passe d'un terrain dur à un terrain mou et inversement, pour régler l'angle d'attaque ;

- ✓ La pose est très difficile en terre humide ;
- ✓ Les vibrations de la rigoleuse et le fait que les tracteurs surchauffent après une longue période de marche sont difficiles ;
- ✓ L'existence d'un ancien réseau de drainage et la présence des plants de banane ont souvent perturbé les travaux ;
- ✓ Après les pluies, le travail est difficile car le terrain est glissant (texture argileuse des sols).

## **6.2. DISCUSSION ET ANALYSE : IMPACT DU DRAINAGE SUR LE PLAN AGRONOMIQUE**

Les objectifs du drainage : Maintenir le taux d'humidité dans la zone racinaire à un niveau approprié pour les cultures ; Maintenir la concentration en sel dans la zone racinaire à un niveau acceptable pour les cultures (A KEITA, 2009-2012). A Kasunya ces objectifs sont en voie d'être atteints car on a constaté que les bananiers sont sur des parcelles non inondées. En comparant les hauteurs de rejets et le nombre de mains sur les parcelles drainées et non drainées :

- On observe les hauteurs minimales de rejets au mois pluvieux (Avril à Novembre) et les hauteurs maximales aux mois non pluvieux (Novembre à Mars). Les bananiers sont sensibles à l'excès d'eau et durant la saison pluvieuse les sols de Kasunya s'engorgent rapidement ce qui joue sur la croissance des rejets.  
Au mois de Janvier 2012 la hauteur moyenne de rejet sur les parcelles non drainées ( $h=107,23$ ) était légèrement supérieure à celle sur les parcelles drainées ( $h=103,32$ ). On pourrait imputer cela aux travaux de drainage qui ont pu perturber les plants de bananes. Au fil du temps, les hauteurs de rejets des parcelles drainées devenaient légèrement supérieures à celles des parcelles non drainées. A vu d'œil il serait tentant d'affirmer que le drainage a un effet sur les hauteurs de rejets, mais avec les tests d'hypothèses (Fisher  $T=1,57$  appartient à  $[-2,0484 ; 2,0484]$  et Student  $T=1,185$  appartient à  $[0,303 ; 3,294]$ ) au seuil 5%, il a été possible de savoir que la différence de hauteurs sur les deux types de parcelles n'est pas significative.
- On observe les nombres minima de mains au mois pluvieux (Avril à Novembre) et les nombres maxima de mains aux mois non pluvieux (Novembre à Mars). Les bananiers sont sensibles à l'excès d'eau et durant la saison pluvieuse les sols de Kasunya s'engorgent rapidement ce qui joue sur la production des fruits. Avec le drainage il y'a

cependant une augmentation du nombre de mains ce qui est quand même important du point de vue production vente.

Les nombres de mains des parcelles drainées sont en général supérieurs à ceux des parcelles non drainées. En faisant les tests d'hypothèses (Fisher et Student), on constate qu'en comparant les moyennes (Student  $T=3,793$  n'appartient pas à  $[-2,0518 ; 2,0518]$ ), la différence entre les nombres de mains des deux populations est significative. Alors qu'en comparant les variances (Fisher  $T=1,593$  appartient à  $[0,303 ; 3,294]$ ), on constate que cette différence n'est pas significative. Nous tiendrons compte de la comparaison des variances car celles-ci représentent la dispersion des individus dans une population donnée.

Au vu de l'analyse des résultats de comparaison des nombres de mains et hauteurs de rejets au niveau des deux types de parcelles, il n'est pas possible d'affirmer objectivement que le drainage a un effet sur les rejets et les fruits. Cela est dû notamment au fait que les données utilisées ne concernent que les moyennes (hauteurs moyennes de rejets et nombres moyens de mains).

### **6.3. DISCUSSION ET ANALYSE : IMPACT DU DRAINAGE SUR LE PLAN ENVIRONNEMENTAL**

Les analyses des eaux révèlent la présence d'élément minéraux, organiques et de faibles teneurs en métaux lourds (fer, cuivre, zinc). Les quantités (concentrations) mesurées ont été comparées à celles prescrites par la ligne directrice de la l'Agence de la Politique Environnement du Ghana (Environmental Policy Agency EPA). Mais même si elles sont faibles, ces concentrations peuvent demeurer longtemps dans l'environnement et, par effet cumulatif, devenir très nocives pour les écosystèmes, la santé humaine et animale. Des mesures compensatoires doivent être prises pour protéger l'écosystème.

Ces mesures concernent :

- ✓ L'information, la formation et la sensibilisation préalables au démarrage et lors des travaux de drainage.
- ✓ Le respect strict des programmes et chronogrammes prévisionnels des chantiers pour éviter une concentration prolongée des polluants et pollutions liées à l'activité humaine ;

- ✓ L'observation stricte des mesures de sécurité et du code de la route pour minimiser les accidents de travail, de circulation et les nuisances liées aux bruits, vibration et envols de poussières et de fumées ;
- ✓ L'assainissement de l'environnement des périmètres, chantiers et de la base vie
- ✓ L'embauche des travailleurs issus de la population résidente en priorité;
- ✓ Le renforcement de la surveillance épidémiologique et de l'état sanitaire des chantiers et des populations ;
- ✓ L'observation stricte des dispositions rigoureuses en matière d'hygiène et d'assainissement pendant toute la durée des travaux ;
- ✓ L'organisation et la formation des travailleurs autour des activités de protection de l'environnement.
- ✓ le suivi régulier de la quantité et de la qualité des sols et des eaux.

#### **6.4. DISCUSSION ET ANALYSE : SUIVI DES TRAVAUX DE DRAINAGE**

Le suivi des travaux de drainage a permis de mettre en place une base de données puis de mettre en évidence des indicateurs de performances. L'analyse des indicateurs de performance a permis de se fixer des objectifs et d'évaluer approximativement le temps restant pour achever les travaux de drainage. A partir des observations faites sur le terrain, il est bon de préciser que pour l'atteinte des objectifs certaines mesures doivent être prises afin de surmonter les difficultés rencontrées.

Avec le guidage des machines au laser rotatif, les tracteurs sont capables d'aller vite et les conducteurs sont capables de fournir des drains de bonnes qualités sans trop d'efforts.

Les premiers acteurs dans la construction des drains sont les conducteurs des mini pelles excavatrices. Golden Exotics possède deux excavatrices et avec les deux il faudrait 416 jours pour finir les travaux de construction des tranchées pour les tracteurs. Cela jouera sur le temps nécessaire aux tracteurs pour réaliser les drains et sur le temps nécessaire à l'équipe manuelle. L'entreprise qui sous-traite les travaux de drainage et qui possède 4 excavatrices pourrait donc être un bon renfort et réduire le temps nécessaire pour finir les travaux. En supposant que les 4 excavatrices en renfort puissent atteindre le même objectif que celles de Golden Exotics, il faudrait 139 jours aux 6 excavatrices pour finir les travaux. A la date du 1<sup>er</sup> Juin il reste approximativement 579 jours jusqu'en fin 2014 pour finir les travaux.

Ce qui est largement suffisant. Cependant la bonne exécution des travaux dans les brefs délais permettraient de mettre les bananiers dans les bonnes conditions.

## VII. CONCLUSIONS

---

La technologie de drainage basée sur de nouvelles techniques de guidage s'est développée donnant des rendements meilleurs ou toutes les conditions sont réunies. L'avantage de l'utilisation du laser est l'exécution rapide et la rentabilité.

Sur le plan agronomique il n'est pas possible de ressortir les avantages du drainage car en appliquant le test de Fisher on trouve que les écarts entre les moyennes ne sont pas significatifs (Hauteurs moyennes de rejets :  $T = 1,185$  appartient à  $[0,303 ; 3,294]$  et Nombres moyens de mains  $T = 1595$  appartient à  $[0,303 ; 3,294]$ ). Les données utilisées pour ressortir les avantages agronomiques sont les moyennes. Il serait donc intéressant de disposer de toutes les données précises.

A partir des Indicateurs de performance des cibles ont été fixées pour une exécution efficiente des travaux de drainage restants et ceci dans les brefs délais : Excavatrices : 160ml de drain/j; Tracteurs à pneumatiques : 900ml de drain/j; tracteurs a chenille : 1000ml de drain/j; Equipe de la main d'œuvre : 80ml de drain/j/personne. En outre l'entretien des machines et l'utilisation strict du laser rotatif pour le guidage des tracteurs à chenilles sont nécessaires.

L'amélioration du drainage passe donc par l'utilisation du système laser. La maîtrise de la mécanisation permettra la bonne exécution des travaux et la mise en place d'un système de drainage adéquat. L'installation de ce dernier permettra de mettre les bananiers dans les bonnes conditions.

Le drainage, bien au-delà de l'éradication de l'engorgement, de la prévention de la salinité, de la baisse du plafond de la nappe superficielle génère des impacts importants directs sur l'écologie du paysage et sur les cours d'eau. Les mesures compensatoires prises permettront de limiter les impacts négatifs afin de protéger l'environnement.

## VIII. RECOMMANDATIONS - PERSPECTIVES

---

Vu les avantages techniques du système laser dans l'amélioration du système de drainage, il serait intéressant de penser à la gestion adéquate et efficiente des travaux. Ainsi, les recommandations suivantes pourraient être formulées :

- ✓ Sensibiliser et former tous les conducteurs de tracteurs sur les biens fondés et l'utilisation du système laser ;
- ✓ Les chefs d'équipes doivent avoir des connaissances sur le drainage et l'utilisation du laser rotatif et être capables de diriger et mener les équipes, appréhender et gérer les difficultés rencontrées;
- ✓ Les travailleurs doivent respecter les horaires et être capable d'atteindre les cibles en construisant des drains rectilignes et ayant une bonne pente.
- ✓ Les conducteurs de tracteurs doivent être capables d'allier conduite, observation du boîtier de contrôle et manipulation du levier de contrôle de rigoleuse.
- ✓ Les conducteurs de mini pelles excavatrices doivent fournir au conducteurs de tracteurs des amorces de drains rectilignes et conventionnels ;
- ✓ Des diagnostics doivent être faits après les travaux et les pluies afin de recenser les zones où les corrections doivent être apportées ;
- ✓ Les conducteurs des engins doivent être capables d'effectuer des contrôles mécaniques avant et pendant les travaux pour prévenir d'éventuels pannes ;
- ✓ Les machines doivent être bien entretenues et être soumises à des contrôles mécaniques fréquents ;
- ✓ Utiliser des données plus précises (autres que les moyennes) pour étudier les avantages du drainage sur le plan agronomique.

## Bibliographie

### Ouvrages et articles

Amadou KEITA (2009-2012), Assainissement des Terres Agricoles. 2iE, Ouagadougou, Burkina Faso.

André LASSOUDIÈRE. (2005), Projet banane Golden Exotics Ghana : Appui agronomique.

A MERMOUD. (2007), Cours : « Gestion du régime hydrique des sols », Assainissement des sols. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, Suisse.

A OUCHEFOUNE. Technologie de drainage, L'utilisation du laser dans la pose mécanique des drains : Cas de Mitidja Ouest, Algérie.

BIZIMANA Sylvie, NDAYIHANZAMASO Privat, NIBASUMBA Anaclet et NIKO Nicolas. (2012), Conduite Culturelle et protection du bananier au Burundi.

DANIANE M, DEBBAGH A, et TABET A. Problématique du drainage au Maroc.

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT ASSOCIATES LTD. (2007), Environmental impact assessment of a banana plantation at Kasunya in the Dangme west district, Greater Accra, Ghana.

GOLDEN EXOTICS LIMITED. (2012), Training of operators and team leaders drainage of Kasunya, Ghana.

S DAUREBANDE. (1982), Cours de drainage. Faculté des Sciences Agronomiques de l'état de Gembloux, Belgique.

Thierry JOUENNE. (2012), Indicateurs de performance, Tableau de bord Benchmark, De la théorie à la pratique. Support de formation, Supply Chain Meter.

V MONBET. (2009), Tests Statistiques, Notes de cours.

Victor SAVOIE. Le drainage agricole : problèmes, diagnostic et solutions. MAPAQ, Nicolet, centre du Québec.

**Sites internet**

[http://fr.m.wikipedia.org/wiki/Drainage\\_agricole](http://fr.m.wikipedia.org/wiki/Drainage_agricole)

Consulté le 15/02/2013

<http://lecompagnon.info/excel/tableaucroise.htm>

Consulté le 25/02/2013

<http://www.fao.org/docrep/005/y3918f/y3918f03.thm>

Consulté le 15/05/2013

[http://fr.m.wikipedia.org/wiki/Test\\_d%27hypoth%C3%A8se](http://fr.m.wikipedia.org/wiki/Test_d%27hypoth%C3%A8se)

Consulté le 06/06/2013

## **IX. ANNEXES**

---

Annexe I : Tableaux bruts des Hauteurs moyennes de rejets et des nombres moyens de mains .....	48
Annexe II : Table de Student.....	52
Annexe III : Table de Fisher .....	53
Annexe IV : Tableau Croisé Dynamique ; Mini pelles excavatrices .....	54
Annexe V : Tableau Croisé Dynamique ; Tracteurs .....	55
Annexe VI : Tableau Croisé Dynamique ; Main d'œuvre .....	56

### Annexe I : Tableaux bruts des Hauteurs moyennes de rejets et des nombres moyens de mains

Indicateur	Hauteur moyenne des rejets (cm)	janv-12	févr-12	mars-12	avr-12	mai-12	juin-12	juil-12	août-12	sept-12	oct-12	nov-12	déc-12	janv-13
		Parcelles drainées secteur 0 (P1, P2, Q3)	Hauteur moyenne de rejets (cm)	100,02	100,63	111,07	106,50	99,54	90,31	109,97	88,23	85,87	99,10	111,43
Parcelles non drainées secteur 0 (R3, Q2)	Hauteur moyenne de rejets (cm)	105,73	89,20	76,30	96,95	94,37	85,17	109,15	84,30	85,55	96,50	104,30	110,50	104,00
Parcelles drainées secteur 1 (L3, M3, N3, O3)	Hauteur moyenne de rejets (cm)	98,19	99,02	105,08	122,40	130,55	130,05	124,78	110,95	101,77	111,98	122,90	118,63	106,40
Parcelles non drainées secteur 1 (I4, J2, K1, K3)	Hauteur moyenne de rejets (cm)	113,20	110,56	116,98	120,28	121,15	117,30	116,25	109,63	99,98	104,58	109,20	112,58	105,15
Parcelles drainées secteur 2 (O1)	Hauteur moyenne de rejets (m)	115,30	113,30	120,10	120,10	119,50	137,30	133,90	117,50	117,50	121,30	126,40	137,00	125,60
Parcelles non drainées secteur 2 (D1, D2, D3, J3)	Hauteur moyenne de rejets (m)	110,70	108,40	99,48	117,65	132,59	113,24	110,36	93,31	105,48	101,80	106,45	120,78	122,73
Parcelles drainées secteur 3 (E1, E2, E3, F1, F2, F3)	Hauteur moyenne de rejets (cm)	114,05	124,34	116,44	111,19	129,83	126,97	123,66	98,63	99,03	108,35	132,28	124,50	110,35

Amélioration du Système de Drainage dans une bananeraie à Kasunya au GHANA

Parcelles non drainées secteur 3 (G2, G3, H1)	Hauteur moyenne de rejets (cm)	120,80	110,94	112,21	113,40	120,53	130,50	119,03	105,13	101,73	104,58	120,11	119,43	104,63
Parcelles drainées secteur 4 (G1, G2, G3)	Hauteur moyenne de rejets (cm)	115,13	78,79	103,19	128,17	136,00	133,03	103,77	104,47	94,17	102,40	118,20	125,50	117,67
Parcelles non drainées secteur 4 (C3, D2, E1)	Hauteur moyenne de rejets (cm)	97,70	89,78	75,63	83,83	123,50	116,17	99,10	84,63	93,23	97,53	111,87	121,03	115,47
Parcelles drainées secteur 6 (F1, F2, F3, F4, J1, J2, J3, J4, J5)	Hauteur moyenne de rejets (cm)	100,41	90,41	90,95	86,11	107,98	110,19	104,94	87,70	71,94	90,56	114,62	114,09	108,71
Parcelles non drainées secteur 6 (C3, D2, E1)	Hauteur moyenne de rejets (cm)	116,49	94,89	93,55	91,72	110,87	107,13	95,33	81,00	68,20	88,83	96,23	109,03	102,99
Parcelles drainées secteur 7 (A1, A2, B3)	Hauteur moyenne de rejets (cm)	80,13	85,77	96,93	104,57	106,47	97,03	91,63	69,47	63,47	90,64	110,91	116,93	109,10
Parcelles non drainées secteur 7 (B4, E5, G3)	Hauteur moyenne de rejets (cm)	85,97	65,56	99,23	101,61	108,13	97,77	89,80	73,87	61,40	83,74	96,75	111,60	106,63
Parcelles drainées	Hauteur moyenne de rejets secteurs: 1 à 7	103,32	98,89	106,25	111,29	118,55	117,84	113,23	96,71	90,53	103,47	119,54	121,11	112,76
Parcelles non drainées		107,23	95,62	96,20	103,63	115,88	109,61	105,58	90,27	87,94	96,79	106,42	114,99	108,80

Amélioration du Système de Drainage dans une bananeraie à Kasunya au GHANA

Indicateur	Nombre de mains (cm)	janv-12	févr-12	mars-12	avr-12	mai-12	juin-12	juil-12	août-12	sept-12	oct-12	nov-12	déc-12	janv-13
Parcelles drainées secteur 0 (P1, P2, Q3)	Nombre moyen de mains	7,20	6,60	7,07	6,73	6,52	6,95	7,20	6,97	7,33	6,97	7,47	7,00	6,90
Parcelles non drainées secteur 0 (R3, Q2)	Nombre moyen de mains	7,00	6,45	6,15	6,15	6,42	6,87	6,70	5,70	6,60	6,93	7,05	6,85	6,85
Parcelles drainées secteur 1 (L3, M3, N3, O3)	Nombre moyen de mains	7,60	7,40	7,30	7,43	7,35	7,20	7,38	7,29	6,99	7,25	8,10	7,68	7,70
Parcelles non drainées secteur 1 (I4, J2, K1, K3)	Nombre moyen de mains	6,38	7,13	6,98	6,58	6,45	6,85	6,73	7,07	7,30	7,08	7,69	7,53	7,60
Parcelles drainées secteur 2 (O1)	Nombre moyen de mains	7,17	6,60	7,06	7,30	8,50	8,50	6,70	6,60	6,00	7,25	7,00	7,00	7,30
Parcelles non drainées secteur 2 (D1, D2, D3, J3)	Nombre moyen de mains	7,48	6,99	6,46	6,77	6,86	6,83	7,01	6,37	6,93	7,06	6,63	6,85	7,28
Parcelles drainées secteur 3 (E1, E2, E3, F1, F2, F3)	Nombre moyen de mains	7,62	7,56	7,66	7,39	7,39	7,46	7,54	7,43	7,09	7,36	7,82	7,23	7,78
Parcelles non drainées secteur 3 (G2, G3, H1)	Nombre moyen de mains	7,38	6,49	7,69	6,93	6,83	6,87	6,37	7,17	7,60	7,23	7,20	7,10	7,32

Amélioration du Système de Drainage dans une bananeraie à Kasunya au GHANA

Parcelles drainées secteur 4 (G1, G2, G3)	Nombre moyen de mains	6,50	6,80	7,49	6,87	7,40	7,50	7,43	7,35	7,20	6,93	7,26	7,37	7,13
Parcelles non drainées secteur 4 (C3, D2, E1)	Nombre moyen de mains	7,11	6,79	6,96	6,72	7,27	7,00	7,20	6,77	7,07	6,87	7,20	7,31	7,03
Parcelles drainées secteur 6 (F1, F2, F3, F4, J1, J2, J3, J4, J5)	Nombre moyen de mains	7,40	7,06	6,07	7,03	6,62	6,90	6,63	6,73	6,56	6,73	7,44	7,86	7,34
Parcelles non drainées secteur 6 (C3, D2, E1)	Nombre moyen de mains	7,08	6,83	6,73	6,30	5,90	5,83	5,87	5,90	6,43	6,20	7,30	7,22	7,19
Parcelles drainées secteur 7 (A1, A2, B3)	Nombre moyen de mains	6,37	6,44	6,70	7,43	7,17	6,67	6,50	6,35	6,57	6,92	7,11	7,10	7,33
Parcelles non drainées secteur 7 (B4, E5, G3)	Nombre moyen de mains	6,77	6,94	6,63	6,54	6,57	6,33	6,25	6,07	6,47	6,73	6,80	6,97	6,90
Parcelles drainées	Nombre moyen de mains secteurs: 1 à 7	7,12	6,92	7,05	7,17	7,28	7,31	7,05	6,96	6,82	7,06	7,46	7,32	7,36
Parcelles non drainées		7,03	6,80	6,80	6,57	6,61	6,65	6,59	6,43	6,91	6,87	7,12	7,12	7,17

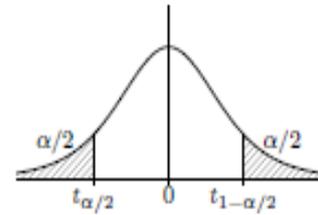
**Annexe II : Table de Student**

A.3. LOIS DE STUDENT

Si  $T$  est une variable aléatoire suivant la loi de Student à  $\nu$  degrés de liberté, la table donne, pour  $\alpha$  fixé, la valeur  $t_{1-\alpha/2}$  telle que

$$P\{|T| \geq t_{1-\alpha/2}\} = \alpha.$$

Ainsi,  $t_{1-\alpha/2}$  est le quantile d'ordre  $1 - \alpha/2$  de la loi de Student à  $\nu$  degrés de liberté.



$\nu \backslash \alpha$	0,900	0,500	0,300	0,200	0,100	0,050	0,020	0,010	0,001
1	0,1584	1,0000	1,9626	3,0777	6,3138	12,7062	31,8205	63,6567	636,6192
2	0,1421	0,8165	1,3862	1,8856	2,9200	4,3027	6,9646	9,9248	31,5991
3	0,1366	0,7649	1,2498	1,6377	2,3534	3,1824	4,5407	5,8409	12,9240
4	0,1338	0,7407	1,1896	1,5332	2,1318	2,7764	3,7469	4,6041	8,6103
5	0,1322	0,7267	1,1558	1,4759	2,0150	2,5706	3,3649	4,0321	6,8688
6	0,1311	0,7176	1,1342	1,4398	1,9432	2,4469	3,1427	3,7074	5,9588
7	0,1303	0,7111	1,1192	1,4149	1,8946	2,3646	2,9980	3,4995	5,4079
8	0,1297	0,7064	1,1081	1,3968	1,8595	2,3060	2,8965	3,3554	5,0413
9	0,1293	0,7027	1,0997	1,3830	1,8331	2,2622	2,8214	3,2498	4,7809
10	0,1289	0,6998	1,0931	1,3722	1,8125	2,2281	2,7638	3,1693	4,5869
11	0,1286	0,6974	1,0877	1,3634	1,7959	2,2010	2,7181	3,1058	4,4370
12	0,1283	0,6955	1,0832	1,3562	1,7823	2,1788	2,6810	3,0545	4,3178
13	0,1281	0,6938	1,0795	1,3502	1,7709	2,1604	2,6503	3,0123	4,2208
14	0,1280	0,6924	1,0763	1,3450	1,7613	2,1448	2,6245	2,9768	4,1405
15	0,1278	0,6912	1,0735	1,3406	1,7531	2,1314	2,6025	2,9467	4,0728
16	0,1277	0,6901	1,0711	1,3368	1,7459	2,1199	2,5835	2,9208	4,0150
17	0,1276	0,6892	1,0690	1,3334	1,7396	2,1098	2,5669	2,8982	3,9651
18	0,1274	0,6884	1,0672	1,3304	1,7341	2,1009	2,5524	2,8784	3,9216
19	0,1274	0,6876	1,0655	1,3277	1,7291	2,0930	2,5395	2,8609	3,8834
20	0,1273	0,6870	1,0640	1,3253	1,7247	2,0860	2,5280	2,8453	3,8495
21	0,1272	0,6864	1,0627	1,3232	1,7207	2,0796	2,5176	2,8314	3,8193
22	0,1271	0,6858	1,0614	1,3212	1,7171	2,0739	2,5083	2,8188	3,7921
23	0,1271	0,6853	1,0603	1,3195	1,7139	2,0687	2,4999	2,8073	3,7676
24	0,1270	0,6848	1,0593	1,3178	1,7109	2,0639	2,4922	2,7969	3,7454
25	0,1269	0,6844	1,0584	1,3163	1,7081	2,0595	2,4851	2,7874	3,7251
26	0,1269	0,6840	1,0575	1,3150	1,7056	2,0555	2,4786	2,7787	3,7066
27	0,1268	0,6837	1,0567	1,3137	1,7033	2,0518	2,4727	2,7707	3,6896
28	0,1268	0,6834	1,0560	1,3125	1,7011	2,0484	2,4671	2,7633	3,6739
29	0,1268	0,6830	1,0553	1,3114	1,6991	2,0452	2,4620	2,7564	3,6594
30	0,1267	0,6828	1,0547	1,3104	1,6973	2,0423	2,4573	2,7500	3,6460
40	0,1265	0,6807	1,0500	1,3031	1,6839	2,0211	2,4233	2,7045	3,5510
80	0,1261	0,6776	1,0432	1,2922	1,6641	1,9901	2,3739	2,6387	3,4163
120	0,1259	0,6765	1,0409	1,2886	1,6577	1,9799	2,3578	2,6174	3,3735
$\infty$	0,1257	0,6745	1,0364	1,2816	1,6449	1,9600	2,3263	2,5758	3,2905

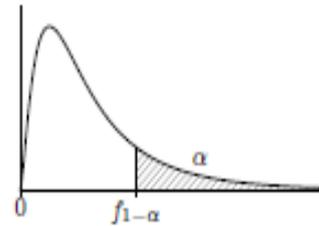
**Annexe III : Table de Fisher**

A.5. LOIS DE FISHER-SNEDECOR ( $\alpha = 0,025$ )

Si  $F$  est une variable aléatoire suivant la loi de Fisher-Snedecor à  $(\nu_1, \nu_2)$  degrés de liberté, la table donne la valeur  $f_{1-\alpha}$  telle que

$$P\{F \geq f_{1-\alpha}\} = \alpha = 0,025.$$

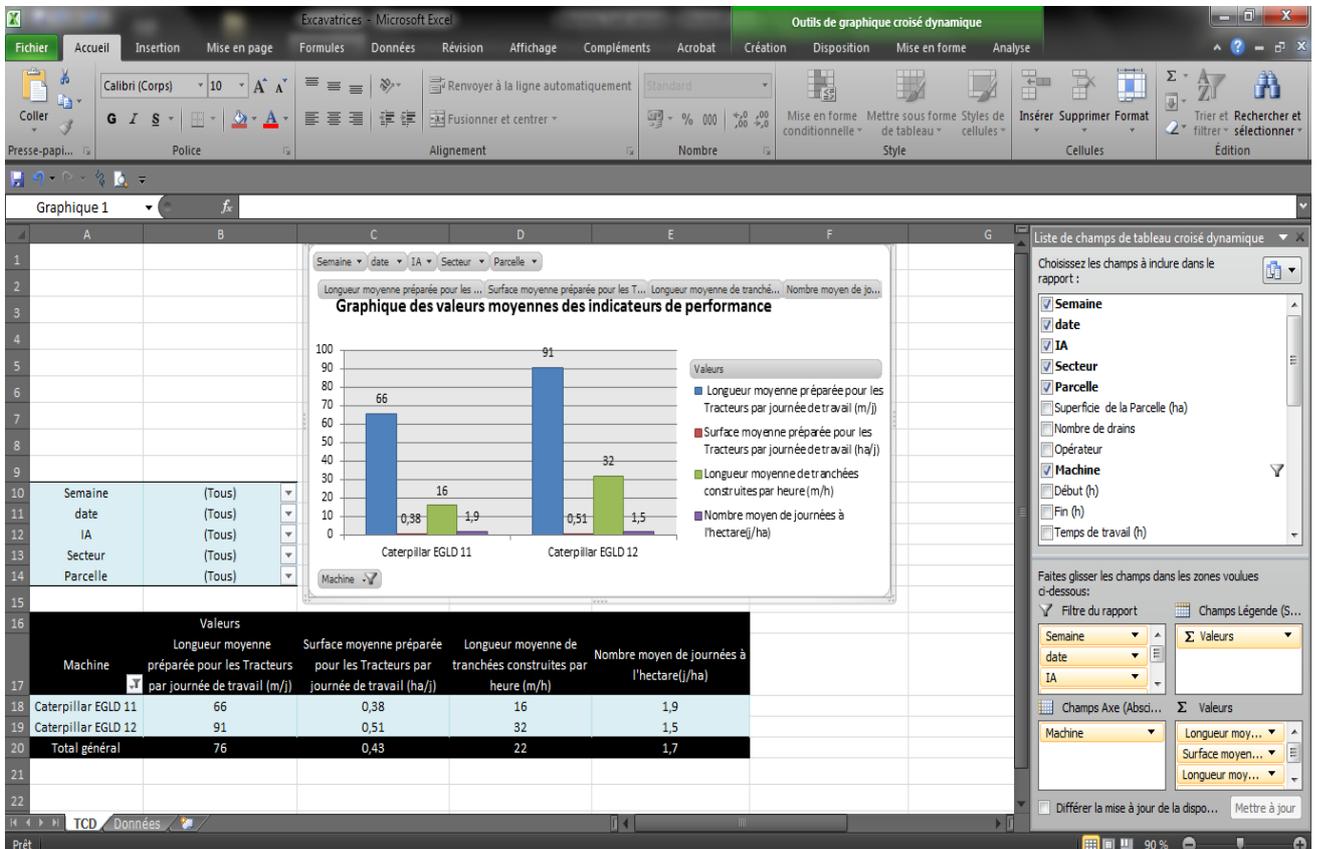
Ainsi,  $f_{1-\alpha}$  est le quantile d'ordre  $1 - \alpha = 0,975$  de la loi de Fisher-Snedecor à  $(\nu_1, \nu_2)$  degrés de liberté.



$\nu_1 \backslash \nu_2$	1	2	3	4	5	6	8	10	15	20	30	$\infty$
1	648	800	864	900	922	937	957	969	985	993	1001	1018
2	38,5	39,0	39,2	39,2	39,3	39,3	39,4	39,4	39,4	39,4	39,5	39,5
3	17,4	16,0	15,4	15,1	14,9	14,7	14,5	14,4	14,3	14,2	14,1	13,9
4	12,2	10,6	9,98	9,60	9,36	9,20	8,98	8,84	8,66	8,56	8,46	8,26
5	10,0	8,43	7,76	7,39	7,15	6,98	6,76	6,62	6,43	6,33	6,23	6,02
6	8,81	7,26	6,60	6,23	5,99	5,82	5,60	5,46	5,27	5,17	5,07	4,85
7	8,07	6,54	5,89	5,52	5,29	5,12	4,90	4,76	4,57	4,47	4,36	4,14
8	7,57	6,06	5,42	5,05	4,82	4,65	4,43	4,30	4,10	4,00	3,89	3,67
9	7,21	5,71	5,08	4,72	4,48	4,32	4,10	3,96	3,77	3,67	3,56	3,33
10	6,94	5,46	4,83	4,47	4,24	4,07	3,85	3,72	3,52	3,42	3,31	3,08
11	6,72	5,26	4,63	4,28	4,04	3,88	3,66	3,53	3,33	3,23	3,12	2,88
12	6,55	5,10	4,47	4,12	3,89	3,73	3,51	3,37	3,18	3,07	2,96	2,72
13	6,41	4,97	4,35	4,00	3,77	3,60	3,39	3,25	3,05	2,95	2,84	2,60
14	6,30	4,86	4,24	3,89	3,66	3,50	3,29	3,15	2,95	2,84	2,73	2,49
15	6,20	4,76	4,15	3,80	3,58	3,41	3,20	3,06	2,86	2,76	2,64	2,40
16	6,12	4,69	4,08	3,73	3,50	3,34	3,12	2,99	2,79	2,68	2,57	2,32
17	6,04	4,62	4,01	3,66	3,44	3,28	3,06	2,92	2,72	2,62	2,50	2,25
18	5,98	4,56	3,95	3,61	3,38	3,22	3,01	2,87	2,67	2,56	2,44	2,19
19	5,92	4,51	3,90	3,56	3,33	3,17	2,96	2,82	2,62	2,51	2,39	2,13
20	5,87	4,46	3,86	3,51	3,29	3,13	2,91	2,77	2,57	2,46	2,35	2,09
22	5,79	4,38	3,78	3,44	3,22	3,05	2,84	2,70	2,50	2,39	2,27	2,00
24	5,72	4,32	3,72	3,38	3,15	2,99	2,78	2,64	2,44	2,33	2,21	1,94
26	5,66	4,27	3,67	3,33	3,10	2,94	2,73	2,59	2,39	2,28	2,16	1,88
28	5,61	4,22	3,63	3,29	3,06	2,90	2,69	2,55	2,34	2,23	2,11	1,83
30	5,57	4,18	3,59	3,25	3,03	2,87	2,65	2,51	2,31	2,20	2,07	1,79
40	5,42	4,05	3,46	3,13	2,90	2,74	2,53	2,39	2,18	2,07	1,94	1,64
50	5,34	3,98	3,39	3,06	2,83	2,67	2,46	2,32	2,11	1,99	1,87	1,55
60	5,29	3,93	3,34	3,01	2,79	2,63	2,41	2,27	2,06	1,94	1,82	1,48
80	5,22	3,86	3,28	2,95	2,73	2,57	2,36	2,21	2,00	1,88	1,75	1,40
100	5,18	3,83	3,25	2,92	2,70	2,54	2,32	2,18	1,97	1,85	1,71	1,35
$\infty$	5,02	3,69	3,12	2,79	2,57	2,41	2,19	2,05	1,83	1,71	1,57	1,00

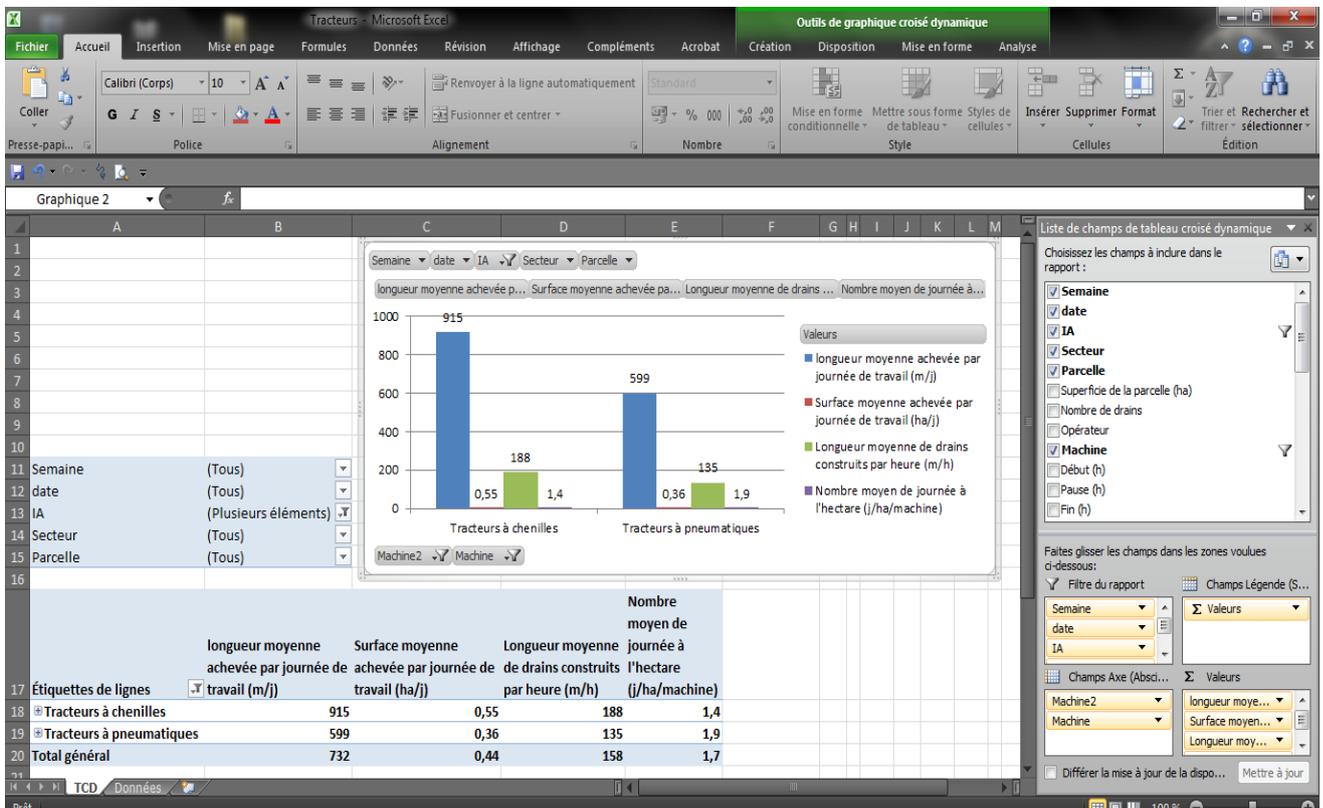
**Annexe IV : Tableau Croisé Dynamique ; Mini pelles excavatrices**

Semaine	date	IA	Secteur	Parcelle	Superficie de la Parcelle (ha)	Nombre de drains	Opérateur	Machine	Début (h)	Fin (h)	Temps de travail (h)	Compteur Début	Compteur fin	Temps de marche (h)
6	04/02/2013	13-516		5 D1/D2	4,3	38	Nicholas Odei	Caterpillar EGLD 11	8	12	4	3805	3809	
6	04/02/2013						Tetamba Patriok	Caterpillar EGLD 12					3612	
6	04/02/2013	13-516		5 D1	4,3	38	Moro Saidou	Caterpillar EGLD 11					3809	
6	04/02/2013						Voglio Innocent	Caterpillar EGLD 12					3612	
6	05/02/2013						Nicholas Odei	Caterpillar EGLD 11					3809	
6	05/02/2013	13-516		5 M2/D1	4,16	36	Voglio Innocent	Caterpillar EGLD 12	9,5	12	2,5	3612	3617	



## Annexe V : Tableau Croisé Dynamique ; Tracteurs

Semaine	date	IA	Secteur	Parcelle	Superficie de la parcelle (ha)	Nombre de drains	Opérateur	Machine	Début (h)	Pause (h)	Fin (h)	Temps de travail (h)	Compteur début	Compteur fin	Temps de marche (h)	1er passage (m)	2nd passage	3ème passage	4e passage	
6	04/02/2013							Pales T025												
6	04/02/2013	13-517		7 F5-4	3,741	33	William	Pales T043	7,5	1	15	6,5	01674	01690	6				1300	
6	04/02/2013	13-517		7 F5-4	3,741	33	Emmanuel	Fructus T023A	7,5	1	15	6,5	01056	01061	5	400	400			
6	04/02/2013	13-517		7 F5-4	3,741	33	Amodzi	Fructus T023B	7,5	1	15	6,5	05341	05345	4	400	400			
6	04/02/2013	13-517		7 F5-4	3,741	33	Ametepes	Lamborghini EGLD 13	7,5	1	15	6,5	01507	01513	6	300	300			
6	04/02/2013	13-517		7 F5-4	3,741	33	Tetteh	Lamborghini EGLD 14	7,5	1	15	6,5	01208	01214	6					
6	04/02/2013							Lamborghini EGLD 15												
6	04/02/2013	13-517		7 F5-4	3,741	33	Ablor	Lamborghini EGLD 16	7,5	1	15	6,5	00987	00993	6					
6	04/02/2013							Lamborghini EGLD 17												
6	05/02/2013							Pales T025												
6	05/02/2013	13-517		7 F5-F4	3,741	33	William	Pales T043	7,33	1	15	6,67	01684	01690	6	300	300			



## Annexe VI : Tableau Croisé Dynamique ; Main d'œuvre

Semaine	IA	date	Secteur	Parcelle	Superficie de parcelle (ha)	Nombre de Drains	Longueur de Drains par hectare (m/ha)	Equipe	Nombre de travailleurs	Longueur achevée par journée de travail (m)	Surface achevée par journée de travail (ha)	Longueur travaillée par heure et par personne (m/h/personne)	surface travaillée par heure et par personne (ha/h/personne)	Nom jour (j/ha)
3	20K/AF660	04/02/2013		J5	4,01	36	1796	A	12	1200	0,67	12,5	0,007	
4	13-516	04/02/2013		O2	5,64	50	1772	B	12	1200	0,68	12,5	0,007	
5	13-516	04/02/2013		O1	4,30	38	1767	C	6	600	0,34	12,5	0,007	
6	20K/AF660	05/02/2013		J5	4,01	36	1796	A	12	1200	0,67	12,5	0,007	
7	20K/AF660	05/02/2013		J5	4,01	36	1796	B	12	1200	0,67	12,5	0,007	
8	13-516	05/02/2013		M3	3,33	35	1781	C	11	1100	0,62	12,5	0,007	
9	13-517	06/02/2013		F5	3,74	33	1764	A	9	900	0,51	12,5	0,007	
10	13-517	06/02/2013		F5	3,74	33	1764	B	8	800	0,45	12,5	0,007	
11	13-516	06/02/2013		M3	3,33	35	1781	C	7	700	0,39	12,5	0,007	

