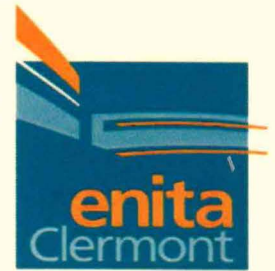




Centre de Coopération Internationale  
de Recherche en Agronomie  
pour le Développement



Université Blaise Pascal



## Mémoire de fin d'étude

Mise au point d'une méthode de phénotypage  
de la température de base des variétés de riz en  
milieu contrôlé

Ibrahim Mamadou Abani Habib

Maitre de stage: Mr Audebert Alain  
Tuteur de stage : Mme Guilliot Agnès

*Master EAPV 2007 - 2008*

CIRAD-DIST  
Unité bibliothèque  
Lavalette



\*000103680\*





Centre de Coopération Internationale  
de Recherche en Agronomie  
pour le Développement



## Mémoire de fin d'étude

Mise au point d'une méthode de phénotypage  
de la température de base des variétés de riz en  
milieu contrôlé

Ibrahim Mamadou Abani Habib

Maitre de stage: Mr Audebert Alain  
Tuteur de stage : Mme Guilliot Agnès

*Master EAPV 2007 - 2008*

CIRAD-DIST  
Unité bibliothèque  
Lavalette

24 OCT. 2008

# Table des matières

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>I. LE RIZ.....</b>	<b>5</b>
I.1 Systématique.....	5
I.1.1 <i>Oryza sativa</i> L.....	5
I.1.2 <i>Oryza glaberrima</i> Steud.....	6
I.1.3 Autres types de riz.....	6
I.2 Botanique.....	6
I.2.1 Morphologie de l'appareil végétatif.....	6
I.2.2 Morphologie de l'appareil reproducteur.....	8
I.3 Ecologie du riz.....	11
I.4 Diversité des ressources du riz.....	11
I.5 Les types de rizicultures.....	11
<b>II PHYSIOLOGIE DU RIZ.....</b>	<b>12</b>
II.1 Croissance et du développement.....	13
II.1.1 Vitesse d'élongation foliaire : le LER.....	14
II.1.2 Température : facteur de croissance et du développement.....	15
II.1.3 Températures cardinales.....	15
II.2 Somme de températures.....	15
<b>III PROBLEMATIQUE.....</b>	<b>16</b>
<b>IV. MATERIELS ET METHODES.....</b>	<b>17</b>
IV.1 Matériel végétal.....	18
IV.2 Dispositif expérimental.....	18
IV.3 Conduite de la culture.....	19
IV.4 Principe de l'expérience.....	19
IV.5 Mesures.....	20
<b>V RESULTATS ET DISCUSSION.....</b>	<b>21</b>
V.1 Croissance des feuilles.....	21
V.1.1 Diversité génétique.....	23
V.3 Phyllochrone (en heure) calculé sur la phénologie des plantes en salle de culture.....	24
V.4 Le taux d'élongation foliaire (LER).....	25
V.5 Détermination de la Température de base.....	27
V.6 Calcul Phyllochrone thermique.....	30
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>31</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>32</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>34</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>34</b>



J'exprimerais surtout ma reconnaissance à mon maître de stage Mr Alain Audebert qui a suivi avec attention la réalisation de ce travail et qui m'a fait partager ses larges connaissances scientifiques. Il a suivi ce travail avec sérieux, rigueur scientifique, et surtout beaucoup de patience ; j'ai découvert un homme avec une grande compréhension et de grandes qualités humaines.

Je remercie mon tuteur Mme Agnès Guilliot pour avoir accepté de m'encadrer pour ce mémoire

Je remercie Mme Agnès Guilliot qui m'a fait l'honneur d'accepté de présider le jury d'examen de ce travail

Je remercie Mr Jacques Bordes pour avoir accepté d'examiner ce travail

Je remercie tout le personnel des UPR 6 et 59 du CIRAD- Lavalette de Montpellier

Je tiens à exprimer ma gratitude à Mlle Sandrine Rocque qui a participé activement à la réalisation de ce travail

Je remercie Mme Agnès Piquet et Mr Gérard Ledoigt responsables du Master EAPV pour m'avoir donné l'opportunité de suivre cette formation

Je remercie tous les étudiants de la promotion EAPV 2008, avec qui j'ai passé des moments inoubliables.

Merci à mon amie Dor Charlotte qui a accepté de m'aider dans la correction de ce mémoire ;

Mes remerciements vont enfin :

À toutes les personnes qui ont participé d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce travail et dont les noms, bien que ne figurant pas dans cette liste, resteront à jamais gravés dans mon cœur.

## INTRODUCTION

Le riz est la céréale la plus cultivée dans le monde (environ 150 millions d'hectares). Elle constitue l'aliment de base de plus de la moitié de l'humanité (près de 40 % de la population mondiale). C'est une des plus anciennes cultures vivrières utilisées.

Actuellement, l'alimentation en riz correspond à la moitié de la ration journalière en calories pour la population du Sud-est asiatique et à un tiers de cette ration pour un grand nombre d'hommes en Afrique et en Amérique latine. Le riz devient également la première ressource alimentaire pour un nombre croissant de populations de pays en voie de développement (Afrique) pour notamment sa facilité d'utilisation. Grâce à sa grande diversité génétique, l'aire de production du riz est très large et recouvre un grand nombre d'environnements et d'écosystèmes. Ainsi en fonction des zones géographiques, des populations utilisatrices, la consommation du riz est très différente d'un pays à un autre : nourriture de base, aliment traditionnel ou simple accompagnement.

L'Asie domine la production mondiale avec 91 % de la production et 89 % des surfaces (FAO, 2002); Viennent ensuite l'Amérique du Sud avec 3,6 % de la production et 4 % des surfaces, le Brésil représentant plus de 54 % de cette production. L'Afrique assure 2,9 % de la production mondiale sur 4,8 % des surfaces rizicultivées.

Avec l'accroissement constant de la population mondiale (100 millions par an d'ici 2025) d'une part et la flambée du prix de riz (une augmentation d'environ 76 % entre décembre 2007 et avril 2008 selon l'Indice des prix du riz de la FAO) d'autre part, l'augmentation de la production du riz (la céréale la plus consommée) devient un enjeu planétaire.

C'est pourquoi des programmes de recherche et de sélection sont orientés vers la recherche d'idéotypes capables de donner de hauts rendements dans des conditions environnementales contraignantes. Ceci pourrait passer par l'exploitation de la forte diversité génétique du riz (plus de cent mille variétés répertoriées) qui fait que cette plante est cultivée dans les écosystèmes les plus variés. La connaissance des interactions génotype-environnement apparaît à l'heure actuelle au cœur des programmes de sélection (SEGUY *et al.*, 1995).

En conditions d'alimentation hydrique et minérales non limitantes, la température constitue le facteur environnemental majeur gouvernant le développement d'une plante. L'étude que nous menons au CIRAD (Montpellier) se donne pour objectif d'une part l'étude de la variabilité de température de base pour un certain nombre de variétés de riz, mais aussi l'analyse du comportement phénologique des différentes variétés sous différentes températures.

## I. Le Riz

### I.1 Systématique

Le riz est une céréale de la famille des Poacées. C'est une plante monocotylédone, autogame, diploïde ( $2n = 24$ ).

Le riz appartient au genre *Oryza*. Apparu il y a 40 millions d'années en Asie, le riz comprend une vingtaine d'espèces dont deux seulement sont cultivées (CLEMMENT, 1987). Ce sont d'une part *Oryza sativa*, le riz asiatique domestiqué il y a 9000 ans et d'autre part *Oryza glaberrima*, le riz africain domestiqué il y a 4000 ans.

#### I.1.1 *Oryza sativa* L

*Oryza sativa* est l'espèce la plus répandue dans le monde. Elle présente l'une des plus grandes diversités notamment du point de vue génétique. Ainsi, au sein de l'espèce *Oryza sativa* on peut distinguer deux grands groupes pouvant être différenciés d'un point de vue morphologique (JACQUOT et ARNAUD, 1979) et génétique (GLASZMANN, 1986) :

✓ le groupe Indica :

Le groupe indica, originaire du sud-ouest de l'Himalaya, se caractérise par un fort tallage, des feuilles minces, dont le grain est mince et long. Les variétés de ce type se cultivent principalement en conditions aquatiques sous climat équatorial et tropical, en basse altitude.

✓ le groupe Japonica

Il est originaire de l'Est de l'Himalaya. Trois types morphologiques se distinguent dans ce groupe (JACQUOT et ARNAUD, 1979) :

→ Japonica au sens strict qui est le type tempéré; il possède un tallage moyen, des feuilles fines, des grains arrondis et courts. Il correspond aux variétés des riz aquatiques des régions tempérées et subtropicales (TIVET, 1996).

→ Javanica ou le type tropical ; il se distingue par un tallage réduit, des feuilles larges et des grains longs et larges. Les variétés de ce type se rencontrent en culture pluviale dans les régions tropicales mais aussi en culture aquatique aux USA.

→ Enfin le troisième type est intermédiaire entre deux précédents et est représenté par les variétés de culture aquatique des régions tropicales de hautes altitudes.

### **I.1.2 *Oryza glaberrima* Steud**

C'est l'espèce cultivée traditionnellement en Afrique. CLEMENT (1987) note deux types de variétés chez cette espèce : un type pluvial dressé précoce avec un nombre réduit d'entrenœuds et un type flottant et tardif. *O. glaberrima* est strictement annuelle (LACHARME, 2001).

*Oryza glaberrima* se distingue facilement d'*Oryza sativa* par une ligule courte et tronquée et par une panicule dressée alors que le riz asiatique a une ligule longue et bifide avec une panicule légèrement retombante à maturité. L'égrenage spontané, souvent important chez *O. glaberrima* limite le rendement. Les glumelles sont glabres et le caryopse présente un péricarpe rouge, mais des exceptions existent. Cette espèce africaine est de plus en plus abandonnée au profit de son homologue asiatique (JACQUOT *et al.*, 1992) dont les performances agronomiques sont supérieures. Cependant elle est de plus en plus utilisée comme source de caractères d'intérêt agronomique dans les programmes d'amélioration variétale du riz pour l'Afrique notamment les chercheurs de l'ADRAO, qui avec les NERICA ont réussi à combiner l'adaptation aux conditions du milieu de *O. glaberrima* et la productivité de *O. sativa*.

### **I.1.3 Autres types de riz**

On distingue aussi d'autres espèces de la même famille comme *Oryza longistaminata* et *Oryza breviligulata* qui sont deux espèces sauvages fréquentes en Afrique mais peu utilisées en culture; la première est pérenne et à rhizomes, la seconde est annuelle (ADRAO, 1976).

## **I.2 Botanique**

Le riz est une espèce tropicale annuelle dotée d'un important système racinaire de surface.

C'est une céréale à paille. La hauteur de la paille varie, elle peut atteindre jusqu'à 5 mètres pour les riz flottants (ADRAO, 1976).

Le riz est aussi caractérisé comme les autres céréales à paille par une forte faculté de tallage (3 à 6 talles productives et souvent plus).

### **I.2.1 Morphologie de l'appareil végétatif**

- ✓ Les feuilles : elles présentent une phyllotaxie alterne. En forme de lance, elles sont larges de 5 à 15mm et comportent un limbe et une gaine séparés par une ligule. La première feuille qui

est à la base du brin maître est une pro-feuille sans limbe (BOLOMIER, 2003), et la dernière feuille sous la panicule est la feuille paniculaire.

- ✓ Les talles : ce sont des ramifications identiques au brin maître. Le plant du riz présente plusieurs talles dressées en touffes. Ces talles sont susceptibles de se développer à l'aisselle de chaque feuille du brin maître et sont généralement épaisses et creuses d'où leur nom de chaume.
- ✓ Les racines: le riz a un système racinaire bien développé. Les racines sont constituées de racines secondaires et de leurs poils absorbants. La racine primaire (séminal) qui croît à partir de la semence au moment de la germination ne vit qu'un court moment. Elle est rapidement remplacée par des racines secondaires. (LACHARME, 2001). Les jeunes racines sont blanches, épaisses et relativement peu divisées. On peut aussi noter les racines nodales ou adventives qui sont initiées sur chaque nœud des ramifications, dont la majorité émergent sur les ramifications primaires et secondaires (KAWATA et *al.*, 1980).

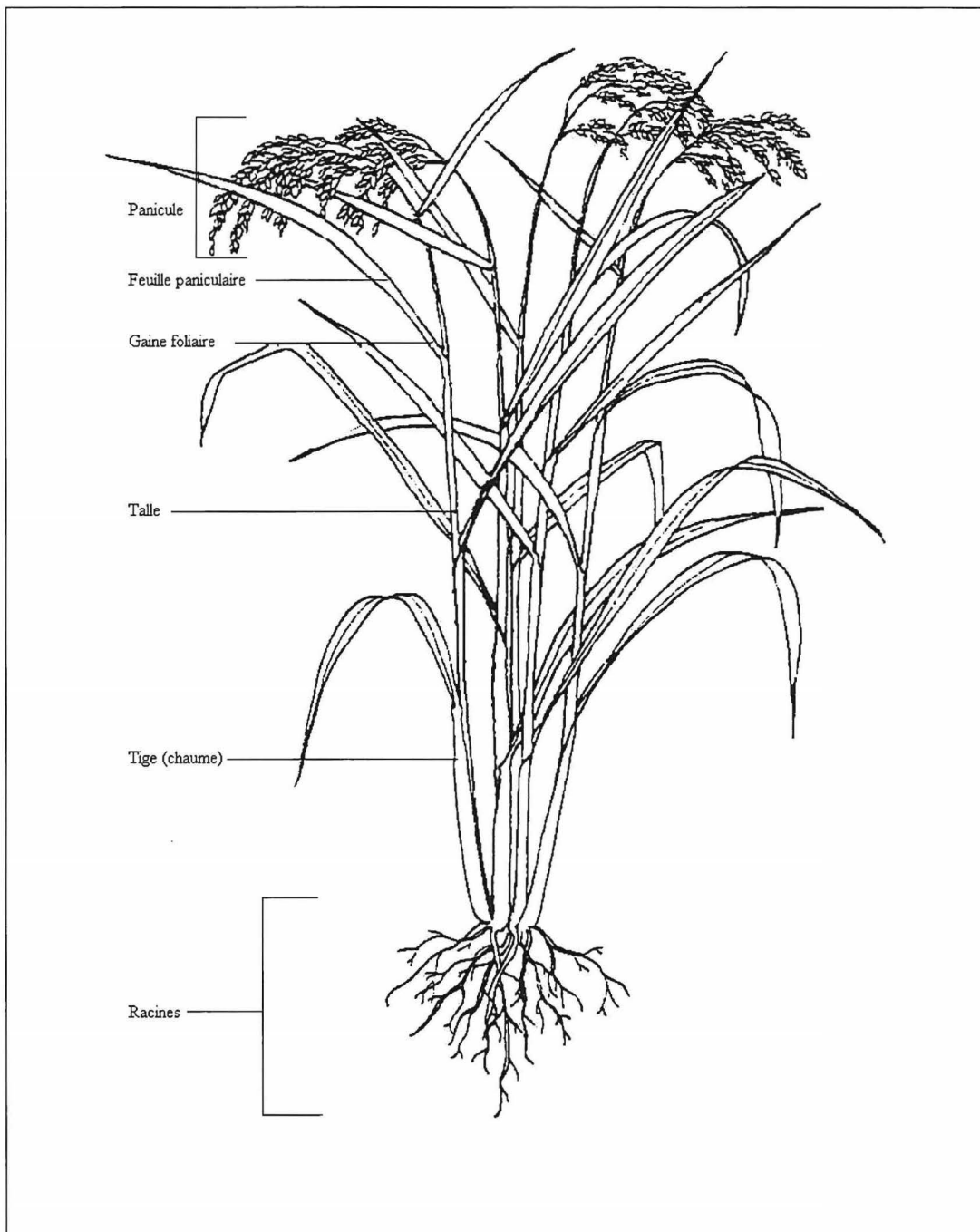


Figure 1 : Les différentes parties du plant de riz (ADRAO, 1995)

### I.2.2 Morphologie de l'appareil reproducteur

- ✓ La panicule : (figure 2 A) ; la panicule est un groupe d'épillets qui prend naissance sur le dernier nœud du talle. Elle comporte plusieurs niveaux de ramification : le rachis, les racèmes ou ramifications secondaires, les axiles ou ramifications tertiaires.
- ✓ les épillets : ils sont directement portés soit par le rachis, soit par le racème, soit par les axiles. L'épillet comporte trois étages successifs de pièces florales (ANGLADETTE, 1966). Chaque

épillet est uniflore c'est-à-dire qu'il n'est composé que d'une seule fleur et est porté par un pédicelle. Il présente à sa base deux petites bractées, les glumes surmontées de deux grandes bractées refermées l'une sur l'autre, les glumelles : une glumelle inférieure (la lemma) et une glumelle supérieure (la paléa). Ces dernières portent 5 nervures dont la nervure centrale surtout chez la lemma, peut se prolonger par une aristation dont la taille et la forme sont des caractères variétaux. De plus, les glumelles sont souvent couvertes d'une légère pilosité.

- ✓ la fleur : (figure 2 B) ; elle a six (6) étamines et 1 pistil. Les étamines sont constituées de deux anthères soudées au bout d'un filament fin. Le pistil est constitué de l'ovaire, du style et du stigmate de structure plumeuse (LACHARME, 2001).
- ✓ le grain : c'est un caryopse (fruit sec indéhiscent). Il est constitué de l'ovaire fécondé, des glumes et glumelles, du rachis, des glumes stériles et éventuellement de la barbe. L'embryon est fusionné avec l'endosperme.



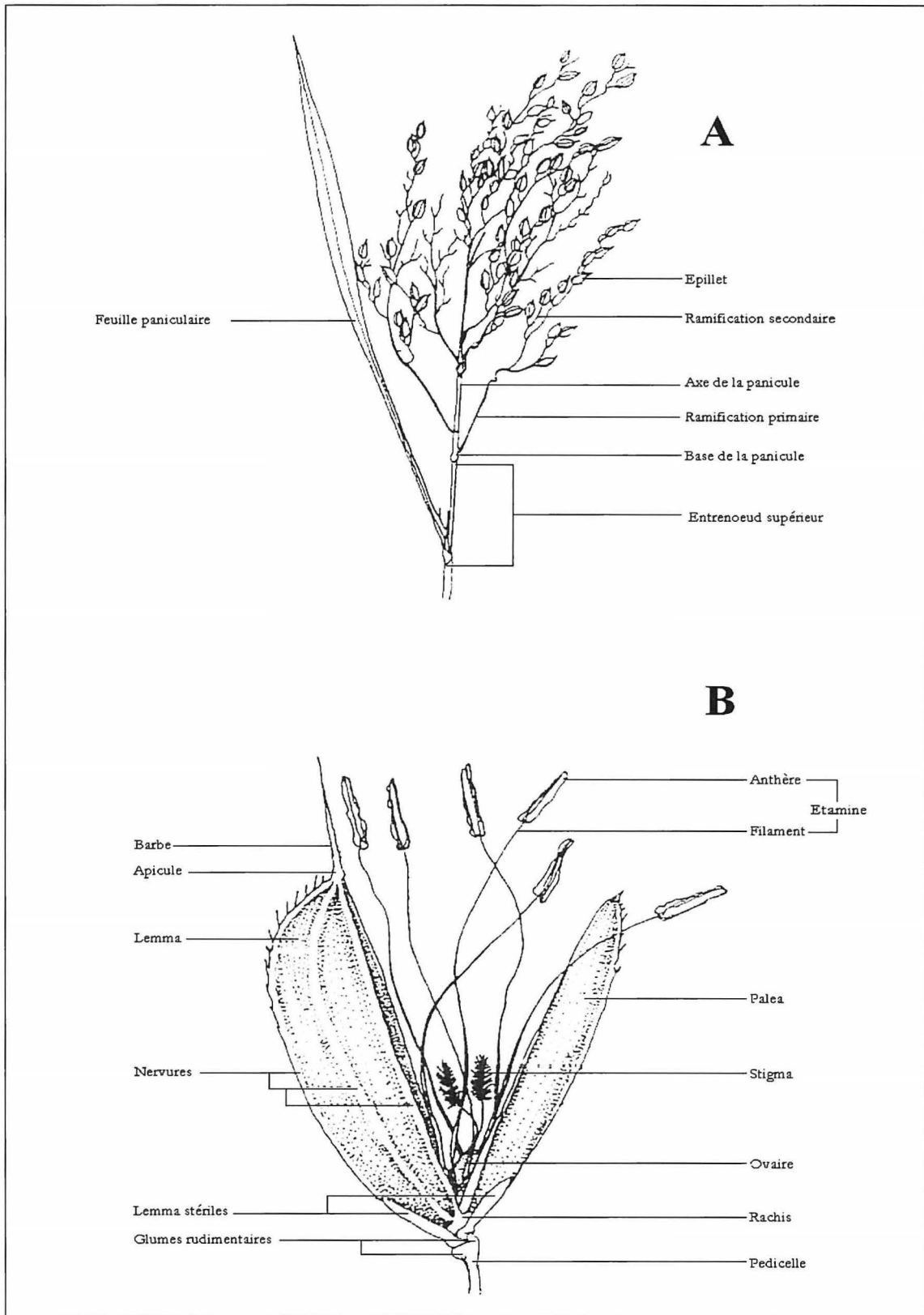


Figure 2 : Les différentes parties d'une panicule (A) et d'un épillet (B) de riz (ADRAO, 1995).

### **I.3 Ecologie du riz**

L'homme a adopté la culture du riz sur les cinq continents; il est cultivé dans environ 135 pays du monde (entre 45° Nord et 45° Sud), en plaine comme en montagne, au dessous du niveau de la mer (-100 mètres) et jusqu'à plus de 2700 mètres d'altitude en Inde ou au Népal (CIRAD, 2002).

Du fait de la très grande diversité morpho-physiologique de ses écotypes, le riz est cultivé dans des conditions écologiques très variées allant du pluvial strict à des situations inondées où la lame d'eau peut atteindre 5 m.

### **I.4 Diversité des ressources du riz**

Une des principales particularités des espèces et des types variétaux des riz cultivés réside dans leur large adaptabilité vis-à-vis de conditions de cultures variant notamment avec la nature du régime hydrique, la température, la latitude, l'altitude et les écosystèmes (HUKE, 1976; YOSHIDA, 1981). De nombreuses différences morphologiques peuvent apparaître, qu'elles soient intra ou inter-spécifiques traduisant les adaptations spécifiques à l'environnement de culture. Cette diversité des riz cultivés repose sur des origines distinctes intra-spécifiques (japonica et indica) et inter-spécifique (*O. sativa*, *O. glaberrima*) ainsi que sur une sélection de variétés présentant une adaptabilité de plus en plus large (F. TIVET, 2000).

La collection mondiale des écotypes de riz cultivé conservée par l'IRRI comporte plus de cent mille entrées. Il existe de nombreuses autres collections de ressources génétiques à vocation régionale ou nationale. Sur chaque continent et dans chaque pays, des centres internationaux de recherche et de création variétale (IRRI en Asie, CIAT en Amérique du Sud et ADRAO en Afrique et le CIRAD) et des services nationaux de recherche et de développement tiennent à jour des listes de variétés recommandées pour différents écosystèmes et différents systèmes de culture du riz (ADRAO, 2003).

### **I.5 Les types de rizicultures**

On peut distinguer trois principaux types de rizicultures en fonction de l'alimentation hydrique :

- ✓ Riziculture pluviale: la culture est alimentée en eau que par les pluies. Les cultures pluviales couvrent 13% de la superficie rizicole mondiale (GREENLAND, 1997).

- ✓ Riziculture inondée: le riz est cultivé dans une zone basse inondée pendant une partie du cycle de culture de façon aléatoire. Ce type de riziculture couvre 32% des terres cultivées en riz dont 33 millions d'hectares en Asie du Sud et du Sud-est.
- ✓ Riziculture irriguée : ce type de culture couvre 55% des surfaces cultivées et représente 75% de la production mondiale (CIRAD, 2002). C'est le type de culture le plus performant, avec des rendements de 6 à 8 tonnes à l'hectare, mais qui exige des aménagements coûteux pour permettre la maîtrise de l'eau.

On note également deux autres types de riziculture : le riz de mangrove cultivé dans les lagunes et le riz flottant cultivé au moment des crues des fleuves. Ils ne concernent cependant qu'une très faible superficie.

## II Physiologie du riz

Le cycle du riz est variable en fonction des variétés. Cette variabilité permet de distinguer trois classes dans les variétés de riz :

- ✓ les riz précoces : jusqu'à 120 jours de cycle végétatif (il en existe même qui accomplissent leur cycle en 90 jours seulement);
- ✓ les riz de saison cycle végétatif d'environ 160 jours ;
- ✓ les riz tardifs : cycle végétatif de 170 à 180 jours (ADRAO, 1976).

Ainsi selon les écosystèmes et les variétés, il y a possibilité de réaliser jusqu'à 3 récoltes en une année.

Classiquement le cycle du riz (figure 3) peut être divisé en trois principales phases (MOREAU, 1987):

- ✓ la phase végétative qui s'étend du semis jusqu'au début de la formation des organes reproducteurs c'est-à-dire l'initiation paniculaire (IP définie comme étant la différenciation du bourgeon terminal d'un talle en bourgeon floral). Elle dure environ 60 à 90 jours selon les conditions environnementales, la variété et les pratiques culturales (DINGKUHN et MIEZAN, 1995). Durant cette phase se mettent en place les organes végétatifs. Elle comprend la germination, la levée et le tallage (LACHARME, 2001).

La période de végétation du plant de riz peut être subdivisée en phase végétative de base (BVP) et en phase végétative photosensible (PSP). La durée de la phase végétative de base est constante pour une variété donnée et est indépendante des conditions environnementales. Elle est donc inextensible. Par contre, la durée de la phase végétative photosensible varie selon les conditions du milieu (température, stress environnementaux). Elle peut être nulle dans les conditions optimales de culture.

- ✓ la phase reproductive durant laquelle se mettent en place les organes reproducteurs (panicules). Elle va de l'initiation paniculaire à la fécondation, elle dure 19 à 25 jours et comprend l'initiation paniculaire, la montaison, l'épiaison et la fécondation.
- ✓ La phase de remplissage des grains et de maturation, c'est la phase durant laquelle les grains vont se remplir, pour atteindre la fin de cycle. Les grains passent par une phase de grain laiteux, puis grain pâteux et enfin grain mature. Cette phase dure 30 à 42 jours selon les conditions de température et d'humidité.

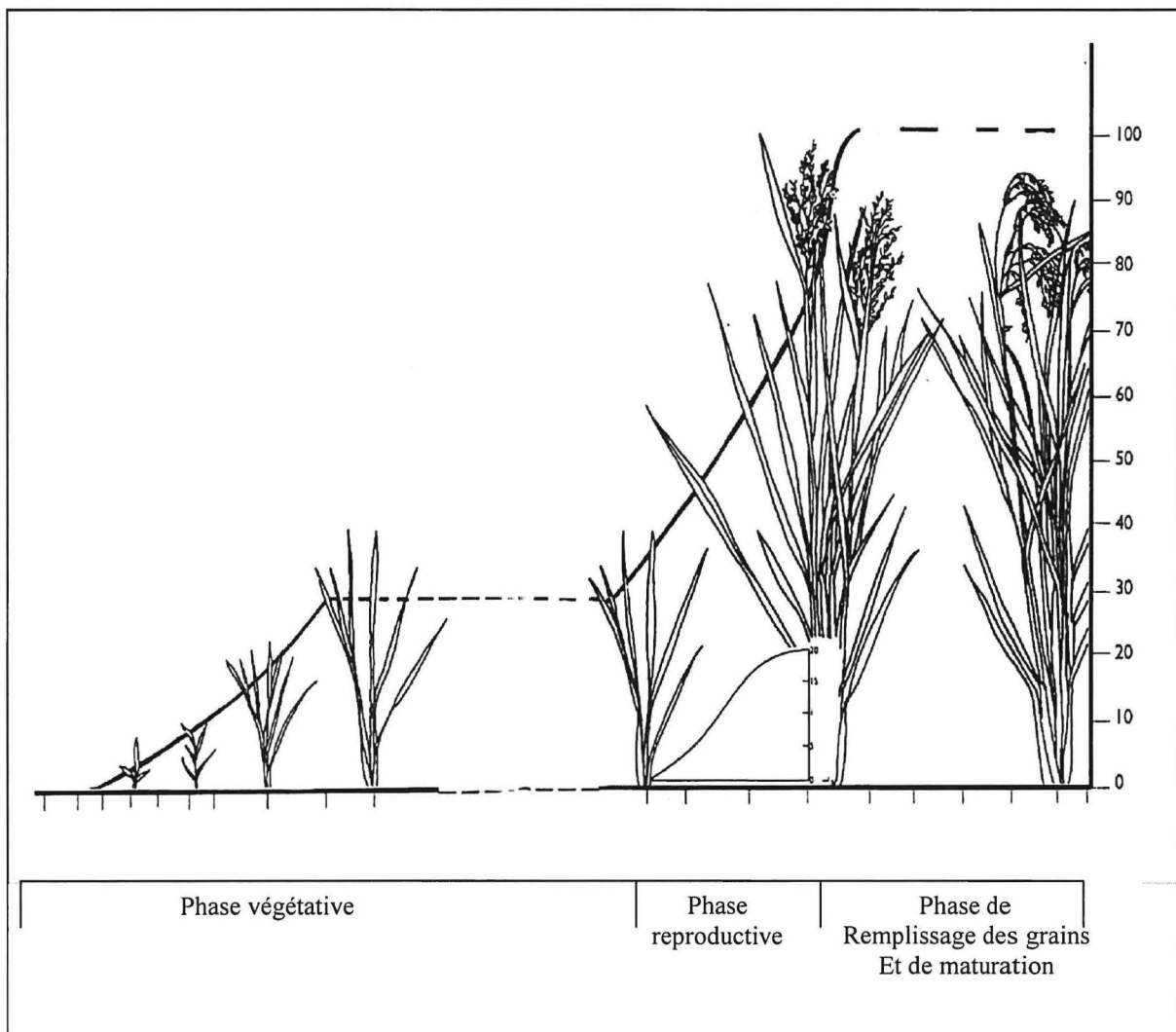


Figure 3 : les différentes phases de développement du plant de riz (ADRAO, 1995).

## II.1 Croissance et développement

La croissance se définit comme étant l'ensemble des changements quantitatifs irréversibles (élaboration de la matière sèche, élongation foliaire, tallage etc.) de la plante qui se produisent au cours du temps.

BONHOMME (1999) définit le développement comme étant une série d'événements identifiables résultant de modifications qualitatives (germination, floraison, etc.) ou quantitatives (nombre de feuilles, fleurs, etc.) de la structure d'une plante.

L'apparition des feuilles est étroitement liée au développement du méristème apical (HAY et KEMP, 1990 ; KIRBY, 1990). Ainsi plusieurs auteurs notent qu'en réponse à l'environnement, l'organogénèse peut être définie à partir du taux d'initiation des ébauches foliaires (BAKER et al 1983 ; DELECOLLE et *al.*, 1989).

On considère classiquement que l'organogénèse et la vitesse d'apparition des feuilles sont dirigées par la température.

HODGES, 1991 souligne que la croissance des plantes est essentiellement affectée par la température.

### **II.1.1 Vitesse d'élongation foliaire : le LER**

Le LER (Leaf Elongation Rate) est défini comme étant le rapport de l'élongation et du temps thermique ( $^{\circ}\text{C}$ ). Il rend compte du rythme de croissance des feuilles. Le LER est fonction de la longueur de la zone d'expansion et des vitesses locales d'allongement (SER).

Sous des conditions d'alimentation non limitantes, la température est considérée comme le facteur environnemental majeur gouvernant la vitesse d'élongation (WATTS, 1972 ; GALLAGHER et BISCOE, 1979 ; KEMP et BLACKLOW, 1980). ROBERTS et SUMMERFIELD (1987) ajoutent même que la vitesse de développement augmente proportionnellement avec la température.

Divers termes sont employés afin de rendre compte de la vitesse d'émergence foliaire : plastochrone, phyllochrone (HANCOCK et BARLOW in F. TIVET, 2000). Selon NEMOTO et al, (1995) le développement d'une plante est défini par son plastochrone et le nombre de feuilles finales. Ces deux paramètres sont dépendants du génotype et des conditions environnementales

- ✓ Le plastochrone : exprimé en jours ou degré jours ( $^{\circ}\text{C}/\text{j}$ ), il est défini comme l'intervalle qui sépare l'initiation de deux primordia foliaires successives au niveau du bourgeon terminal ou axillaire (WILHELM et McMASTER, 1995).
- ✓ Le phyllochrone : exprimé en jours ou degré-jours ?, est la durée séparant l'émergence de deux feuilles d'un même brin. WILHELM et McMASTER, (1995) précisent que c'est la durée qui sépare les mêmes étapes de développement de deux limbes successifs sur une ramification.

Le phyllochrone repose donc sur des observations directement visuelles (contrairement au plastochrone qui repose sur des observations histologiques) et permet d'estimer le développement phénologique d'une céréale (KLEPPER et *al.*, 1985 ; RITCHIE, 1987 ; CAO et MOSS, 1989).

KLEPPER et *al.*, 1985 suggère que le phyllochrone est fixé par les conditions climatiques lors de l'émergence. Une corrélation entre phyllochrone et température a été notée, notamment par XINYOU YIN et *al.*, (1995) qui a noté une diminution exponentielle du phyllochrone avec la baisse de température.

### **II.1.2 Température : facteur de croissance et du développement**

Plusieurs auteurs dont WEIKAI Y et L.A HUNT (1999) notent que la température est parmi les plus grands facteurs contrôlant la croissance et le développement des cultures. Elle est considérée aujourd'hui comme le déterminant principal du rythme d'émission de feuilles (WARRINGTON et *al.*, 1983 in TIVET, 2000).

Les mécanismes d'action de la température sont simples; elle conditionne les réactions métaboliques et en particulier la respiration qui fournit l'énergie nécessaire à la synthèse des constituants organiques dont dépend la croissance.

### **II.1.3 Températures cardinales**

Les températures cardinales sont des gammes de températures particulières le long du cycle d'une plante, distinguées car ayant un effet sur les fonctions physiologiques. Notons que parmi les températures cardinales, deux sont en fait des températures létales, températures extrêmes froides ou chaudes, qui détruisent la structure cellulaire et ne permettent pas la survie de la plante.

- ✓ Température de base : ( $T_b$  ou température seuil) c'est la température au dessous de laquelle toute fonction physiologique (notamment la croissance) est inhibée.
- ✓ Température optimum : ( $T_{opt}$ ) c'est la température pour laquelle la croissance est la meilleure
- ✓ Température maximum : ( $T_{max}$ ) c'est température maximale à laquelle la croissance est observée.

## **II.2 Somme de températures**

REAUMUR (1735) cite par DURAND introduit en 1969 le concept de somme de températures et suggère que celui-ci serait plus adapté que le nombre de jours pour estimer le temps nécessaire à l'accomplissement d'une phase de développement. Enfin, selon lui, il

serait également plus juste de comparer la phénologie de deux variétés en utilisant la notion de somme de températures et non celle du nombre de jours qui est peu fiable.

Pour des conditions climatiques pas trop excessives, en additionnant les suppléments de température ( $T_m - T_b$ ) dont a bénéficié la plante chaque jour de sa vie, on obtient ainsi la somme de températures qui est assez étroitement liée pour chaque espèce de plante à sa croissance cumulée et à ses phases de développement (CHAUSSAT, 2001). La somme de températures d'un jour est calculée par la formule:

$$T = \frac{t_{\min} \oplus t_{\max}}{2} - T_b$$

$t_{\min}$  et  $t_{\max}$  sont les températures minimales et maximales de l'air enregistrées dans la journée et  $T_b$  la température de base.

Pour GALLAGHER, (1979) et JONES, (1983), la prédiction du développement d'une plante par le concept de somme de températures fait référence au temps thermique (TT). Aussi pour décrire l'effet la température sur la vitesse de développement, il a souvent été utilisé le concept de temps thermique. Celui-ci (en degré-jours) est défini comme la somme des températures journalières au dessus desquelles le processus de développement a lieu (TIVET, 2000). CHAUSSAT (2001) ajoute que la croissance apparaît à peu près proportionnelle au supplément de température ( $T_m - T_b$ ).

$$TT = \sum_{j=1}^n (T_m - T_b)$$

$T_m$  : température moyenne journalière

$T_b$  : température de base.

$n$  : nombre de jours considéré pour la phase de développement.

### III Problématique

Le riz constitue une culture d'une très grande importance à l'échelle mondiale tant sur le plan économique qu'alimentaire. Cette culture se caractérise également par une grande diversité dans les écosystèmes de production. Afin de pouvoir s'adapter à ces différentes conditions, le riz depuis sa domestication a développé une large gamme de variétés (100000 actuellement référencées). Cette grande diversité génétique inter et intra-spécifique obtenue par les programmes de sélection depuis sa domestication a permis à cette culture de conquérir des environnements édapho-climatiques contrastés, depuis le riz pluvial strict jusqu'au riz flottant des deltas (HUKE, 1976). La capacité du riz à être culture dans presque toutes les



situations nous laisse penser que cette plante présente une diversité génétique de réponse à des facteurs environnementaux influant tels que la température. Cette diversité pourrait être mise en évidence par une modulation phyllochronique entre les différentes variétés de riz existantes.

L'objectif de ce travail est de:

- ✓ 1/ définir la température de base d'un groupe de 5 variétés de riz représentant sa diversité génétique de l'espèce *O.sativa*,
- ✓ 2/ confirmer ou infirmer l'hypothèse d'une diversité dans la température de base,
- ✓ 3/ mettre au point une méthodologie de phénotypage de ce paramètre physiologique

#### **IV. Matériels et méthodes**

Pour pouvoir contrôler précisément les températures du milieu, l'étude est réalisée en chambres de cultures au CIRAD (Montpellier). Outre la mise en évidence de l'existence ou non d'une variabilité de la température de base entre les différentes variétés de riz, nous pourrons aussi étudier la variation phyllochronique entre les différents génotypes.

Le principe de cette étude repose sur le suivi de l'élongation foliaire des différents génotypes sur 4 températures différentes. Ce suivi de l'élongation se fera au stade F6, stade où la plante présente une croissance optimale.

Au final, nous aurons l'élongation de la feuille 6 pour les différentes variétés et sous les différentes températures. Nous pourrons ensuite à partir de l'élongation, calculer la LER par variété et aussi en fonction des différentes températures. Ainsi, du tracé de la courbe de l'évolution du LER en fonction de la température se déduit la température de base, ainsi que les autres températures cardinales.

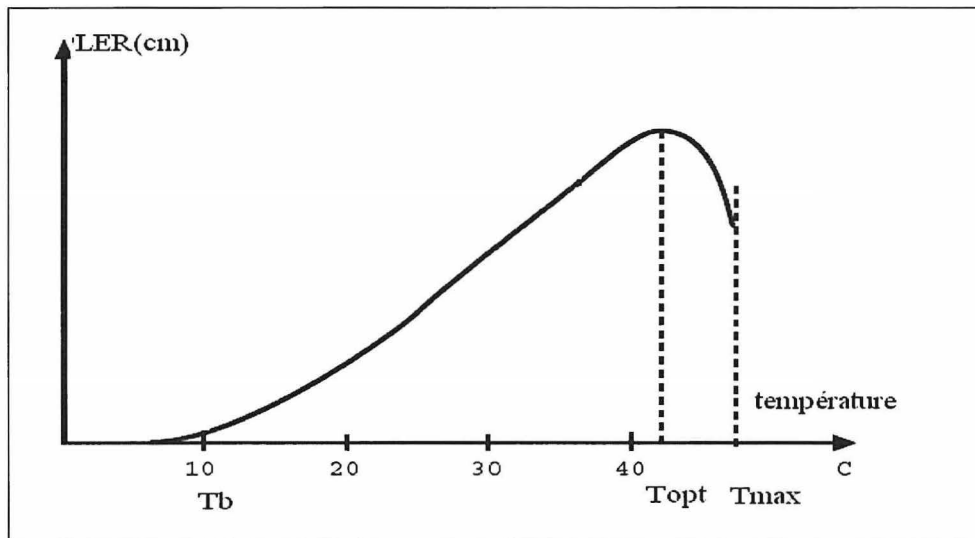


Figure 4 : Courbe représentative de l'évolution du LER en fonction de la T°C. (D'après René Chaussat ; 2001).

#### IV.1 Matériel végétal

Dans cette étude nous utiliserons comme matériel végétal un ensemble de 5 génotypes. Ces variétés ont des origines et caractères agronomiques très divers. Il s'agit des génotypes suivants:

- ✓ Azucena c'est un riz pluvial des Philippines, de la sous-espèce *japonica*, tropical ;
- ✓ Nippon barre: riz irrigué du Japon de la sous espèces *japonica*, tempéré
- ✓ Lastsibavi qui est un riz irrigué d'altitude de Madagascar; *indica*
- ✓ IR64 qui est une variété améliorée de l'IRRI, c'est un riz irrigué des Philippines appartenant à la sous espèce *indica*
- ✓ Ruille

#### IV.2 Dispositif expérimental

Pour l'étude que nous menons, le dispositif adopté comprend un seul bloc. Deux facteurs sont pris en compte, la température et la variété. On a ainsi 5 génotypes, 6 répétitions (6 plantes) par génotype. Les plants sont disposés de manière aléatoire, mais nous effectuons régulièrement une rotation des pots afin de minimiser ou d'éliminer l'effet position.

Comme il n'est pas possible d'avoir de suivi de l'élongation simultanément à différentes températures, nous procédons par 4 séries d'essais avec donc des semis décalés. Chaque série comporte 2 phases :

- ✓ une première phase qui se déroule en conditions identiques pour les 4 séries d'essais. Dans cette phase, il s'agit seulement de déterminer pour chaque variété le phyllochrone.
- ✓ la seconde phase de l'étude est menée dans le phytotron. Les deuxièmes phases des séries diffèrent par leur température. Les essais étant conduits de manière successive, nous pouvons ainsi suivre l'élongation sur la F6 pour chaque variété et aux différentes températures choisies.

### **IV.3 Conduite de la culture**

Les graines pré-germées sont implantées dans des pots de 1 litre (une graine prégermée par pot) et les pots sont installés sur des tables élévatrices dans les chambres de culture.

Il s'agit dans un premier temps, de suivre les plants en conditions optimales, à une température de 29°C jours/ 23°C nuit (pour ainsi avoir une homogénéité des conditions de développement des plants) jusqu'au moment de les placer dans le phytotron.

Le substrat utilisé pour notre expérience est du terreau «S», auquel on ajoute de l'engrais de retard Basacote Plus 6M de COMPO (engrais granulé enrobé NPK et oligo-éléments, qui a une durée d'action de 6 mois). D'autres facteurs conditionnant le développement de la culture sont contrôlés afin d'avoir un développement satisfaisant; il s'agit notamment d'une part de la nutrition minérale qui est supplémentée par un apport de solution nutritive, et d'autre part du maintien du rapport durée jour / durée nuit égal à 12 / 12 (le riz étant sensible au photopériodisme surtout dans les premières phases végétatives).

### **IV.4 Principe de l'expérience**

La première phase de notre expérience nous permet d'estimer le phyllochrone pour chaque variété et de mettre en évidence l'existence ou non d'une variabilité des phyllochrones entre les variétés. C'est à partir de l'apparition de la feuille 5, que les plants sont placés dans le phytotron.

Afin de mettre en évidence une variabilité de température de base, nous faisons le suivi de l'élongation de la feuille 6. Ce suivi se fait sur 4 températures différentes (28°C, 25°C, 20°C et 17°C). A partir du suivi quotidien de cette élongation, nous pourrions calculer le LER (vitesse d'élongation foliaire) de chaque variété pour toutes les températures choisies.

Au préalable une première manipulation est réalisée (essai blanc) en vue de se familiariser avec le comportement des différentes variétés et aussi avec le matériel et la méthode de mesure.

#### **IV.5 Mesures**

Dans notre étude tous les facteurs sont contrôlés et mesurés. Ainsi la température, le rayonnement, et l'hygrométrie sont mesurés à l'aide d'une centrale d'acquisition, et des Tynitag.

Les mesures sur les plantes se font quotidiennement lors de la phase 1 en salle S09. Il s'agit d'estimer le phyllochrone de chaque feuille en notant les dates d'apparition de chacune d'elle. Dans notre étude, l'apparition est notée lorsqu'une feuille pointe à 1 cm.

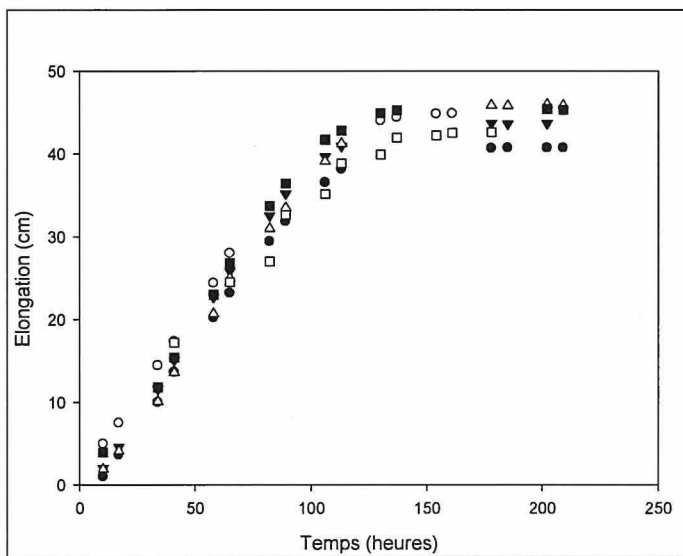
L'élongation de la F6 est suivie par mesures quotidiennes répétées. C'est la longueur du limbe qui est mesuré avec une règle graduée et fixée. L'élongation est obtenue en faisant la différence entre la pointe du limbe et la ligule de la feuille qui le précède.

## V Résultats et Discussion

### V.1 Croissance des feuilles

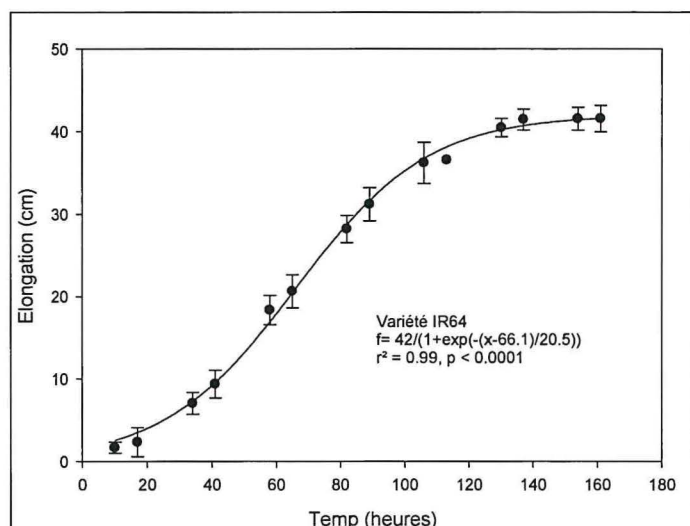
La figure 1 présente l'élongation de la feuille n°6 de la variété Ruille pour une température moyenne journalière de 28°C. Les résultats obtenus montrent que les 6 répétitions (après recalage pour un départ simultané) présentent la même courbe de croissance. La figure montre également de faibles écarts entre les mesures des différentes feuilles, ce qui confirme la robustesse de la méthodologie employée.

Les résultats sont similaires sur l'ensemble de l'expérimentation (données non représentées). Quelque soit la feuille et/ou la température considérées, les résultats montrent le même type de courbe.



**Figure 5 : Croissance des feuilles en fonction du temps (variété Ruille, feuille 3)**

La figure 5 montre que la croissance des feuilles suit une courbe sigmoïde d'équation  $F(x) = a / (1 + \exp(-(x-x_0)/b))$  avec les paramètres  $a$ ,  $b$  et  $x_0$  dépendant de la variété (génotype) et du niveau de feuille (Cf. tableau 1). Les résultats de la figure 2 rejoignent ceux obtenus par CHAUSSAT, 2001 qui souligne que les phénomènes de croissance suivent une courbe sigmoïde.



**Figure 6 : Croissance des feuilles de riz en fonction du temps (variété IR64, feuille 6)**

L'étude de ces courbes de croissance permet de subdiviser la croissance des feuilles en 3 parties : Phase de latence, phase de croissance exponentielle et phase de plateau.

- La phase de latence est caractérisée par une faible croissance. La presque totalité de cette phase se déroule à l'intérieur de la gaine des feuilles de niveau inférieur.
- Pendant la phase exponentielle la feuille peut croître jusqu'à 9 cm/j selon le génotype et le niveau des feuilles. Cette phase exponentielle, dans les conditions homogènes mises en place lors de cette étude, présente des vitesses d'élongation constantes pendant plusieurs jours (3 jours pour l'exemple de la feuille 6 de la variété IR64 à une température de 28 °C).
- La croissance de la feuille se termine lorsque le plateau est atteint. La valeur du plateau dépend du génotype et du niveau de feuille.

**Tableau 1: Caractéristiques de l'élongation des feuilles (niveau 6) chez les différents génotypes étudiés**

Variété	Equation	Plateau (cm)	portée (heures)	r <sup>2</sup>
Ruille	$43.9/(1+\exp(-(x-58.6)/23.1))$	44	130	0.99
Nippon Bare	$37.4/(1+\exp(-(x-47.4)/18.1))$	37	100	0.99
Azucena	$49.9/(1+\exp(-(x-56.3)/21.3))$	50	130	0.97
IR 64	$42/(1+\exp(-(x-66.1)/20.5))$	52	130	0.99
Latsibavi	$43.4/(1+\exp(-(x-65.8)/24.8))$	43	150	0.98

## V.1.2 Diversité génétique

En se basant sur l'observation des courbes sigmoïdes obtenues par régression (cf figure 3), il est possible de montrer l'existence d'une diversité génétique pour chaque température de culture.

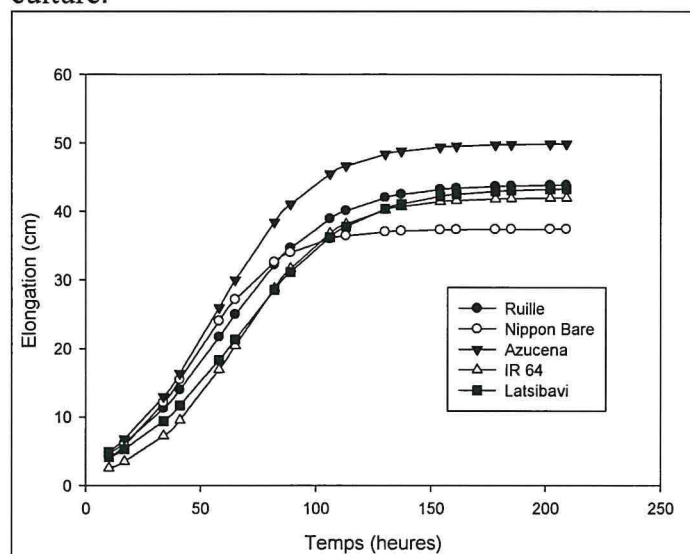


Figure 7 : Courbes représentatives de l'élongation des feuilles F6 des 5 génotypes à 28°C

La diversité génétique peut se caractériser par les paramètres des courbes de croissance que sont la pente, la portée et le plateau (longueur maximale de la feuille). Dans le cas représenté dans la figure 3 (feuille 6, température de 28°C) on constate que la variété Azucena a la feuille la plus longue et la variété Nippon Bare présente la feuille la plus courte. Les trois autres variétés (IR64, Ruille et Latsibavi), n'ont pas une longueur significativement différente.

Ces résultats sont confirmés par une analyse ANOVA. Sur l'ensemble de l'expérimentation (5 variétés, 4 températures, 6 répétitions) on remarque que le facteur température et le facteur variété ont un effet hautement significatif sur la longueur des feuilles de niveau 6 tandis que le facteur répétition n'est pas significatif (cf tableau 2).

Tableau 2: Analyse de variance de l'élongation des feuilles F6 à 28°C pour les 5 génotypes étudiés (ANOVA).

Source	DF	SS	MS	F	P
Température	3	2669.12	889.707	29.37	0.0000
Variété	4	567.98	141.995	4.69	0.0017
Répétition	5	33.78	6.756	0.22	0.9518
Erreur	93	2817.43	30.295		
Total	105				

Pour cette variable (longueur feuille 6) les résultats montrés précédemment sont confirmés par l'étude des groupes homogènes par comparaison 2 à 2 et test LSD (Tableau 3). Les variétés IR64, Ruille et Latsibavi ne sont pas significativement différentes entre elles.



**Tableau 3 : Comparaison des groupes homogènes avec test de LSD (0.05) pour la longueur maximale des feuilles 6.**

Variétés	Moyennes	Groupes homogènes
Ruille (1)	43.842	B
Nippon Barre (2)	37.117	C
Azucena (3)	49.492	A
IR64 (4)	41.650	B
Latsibavi (5)	42.383	B

### V.3 Phyllochrone (en heure) calculé sur la phénologie des plantes en salle de culture

Le calcul du phyllochrone a été fait à partir du suivi quotidien de la phénologie des plantes en salle de culture dans des conditions de température moyenne journalière de 25.8 °C. Après avoir noté la date d'apparition des feuilles (à la longueur 1cm), le phyllochrone est donné par la différence de temps écoulé entre l'apparition de 2 organes successifs (ici des feuilles). Mais souvent il n'est pas possible de noter précisément le stade 1 cm de chaque feuille (apparition nocturne par exemple). Pour être le plus rigoureux dans notre démarche, le stade 1 cm pour chaque feuille a été estimé (calculé) à partir de la régression linéaire du début de croissance de chaque feuille. Cette régression a été construite à partir des 5-6 premiers points de mesure ( $Y = ax + b$ ). Cette date de d'élongation 1 cm de référence nous a permis de définir le temps nécessaire pour le passage d'une feuille à l'autre.

Les résultats obtenus dans cette étude montrent qu'il existe une diversité du phyllochrone entre les variétés. Une analyse de variance de ces résultats, montre que cette diversité variétale est très significative (cf. tableau 4), avec ( $P=0.0000$ ). L'analyse montre aussi que le niveau de feuille (c'est-à-dire le phyllochrone entre F2-F3, F3-F4, F4-F5) apparaît comme significatif.

Le phyllochrone F1-F2 n'a pas été utilisé car la feuille F1 est une pré-feuille qui a un développement particulier la différenciant des autres feuilles. Ainsi on a toujours un intervalle F1-F2 irrégulier.

**Tableau 4 : Analyse de variance du phyllochrone (ANOVA).**

Source	DF	SS	MS	F	P
Variétés	4	60367	15091.7	10.45	0.0000
répétition	5	1988	397.5	0.28	0.9261
niveau feuille	2	4770	2385.0	1.65	0.1952
Erreur	150	216623	1444.2		
Total	161				

La figure 4 montre une comparaison des moyennes des phyllochrones des différentes variétés. Elle nous permet en plus de nous rendre compte de la précision des mesures. Bien que les conditions en salle de culture soient stables, c'est-à-dire à une température moyenne de 25.8°C tout au long de la notification de l'apparition des feuilles, au final on remarque de

grands écarts-types. Ce qui nous amène à nous interroger sur la précision de la méthode de calcul et surtout de l'estimation du 1cm des feuilles (apparition).

Cette imprécision pourrait s'expliquer par le fait que l'apparition des feuilles ne reste qu'une estimation. En effet le 1cm considéré comme l'apparition des feuilles n'est pas en réalité le début de la croissance de la feuille ; il n'est que l'apparition de la feuille hors de la gaine de la feuille précédente.

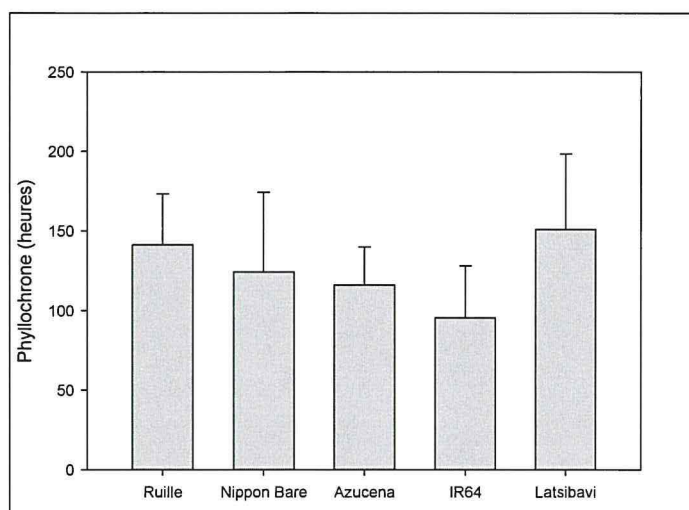


Figure 8 : Valeur moyenne du phyllochrone par variété

Tableau 5 : Comparaison des groupes homogènes avec test de LSD (0.05) pour les phyllochrones des variétés.

Variété	Moyenne (heures)	Groupes homogènes
Ruille (1)	141.36	AB
Nippon Bare (2)	124.72	BC
Azucena (3)	116.07	C
IR64 (4)	95.22	D
Latsibavi (5)	151.63	A

Le tableau 5 résume une analyse LSD des résultats obtenus sur le calcul des phyllochrones (en heure). Cette analyse donne les phyllochrones moyens des différents génotypes ainsi qu'une comparaison aussi entre eux.

On note une confirmation de la diversité variétale pour le phyllochrone, avec Latsibavi qui présente le phyllochrone étalé (151.63h) et IR64 présentant le plus court (95.22 h). Les 3 autres génotypes présentent des phyllochrones plus ou moins proches, avec Nippon Bare qui semble intermédiaire des génotypes Azucena et Ruille.

#### V.4 Le taux d'élongation foliaire (LER)

Cette étude a porté sur la détermination du LER (vitesse élongation), un des processus importants pour estimer la croissance d'une plante dans des conditions données. Il était donc intéressant d'étudier la réponse des différents génotypes à une gamme de température. En



plus de l'effet de la température, il s'agissait aussi de mettre en évidence une éventuelle variabilité entre les 5 géotypes étudiés.

Notons que le LER est en réalité la pente de la partie exponentielle de la courbe sigmoïde modélisant la croissance de la feuille. Cette phase exponentielle se résume à une droite dont la pente est le LER. Donc, déterminer le LER revient à définir les pentes des courbes de croissance des feuilles F6 dans les conditions de températures données.

L'analyse des résultats (cf tableau 6) révèle un effet hautement significatif de la température de croissance sur le LER. De plus, les résultats (cf tableau 7) montrent combien la température influe sur la vitesse d'élongation foliaire. On notera que pour les 4 variétés, c'est à une température moyenne de 28°C (température la plus élevée de l'essai) que la vitesse (LER) la plus élevée a été enregistrée.

En résumé, plus la température est élevée, plus le LER devient important. Ces résultats confirment ceux de ROBERTS et SUMMERFIELD (1987) qui indiquent que le LER augmente proportionnellement avec la température.

Enfin l'analyse de variance du LER (feuille 6, cf tableau 6) nous permet de constater que le paramètre vitesse d'élongation foliaire est aussi un excellent critère pour caractériser et confirmer l'importance de la diversité variétale chez le riz.

**Tableau 6: Analyse de variance du taux d'élongation foliaire (LER) pour la feuille 6 (ANOVA)**

Source	DF	SS	MS	F	P
Température	3	0.92743	0.30914	186.90	0.0000
Variétés	4	0.10544	0.02636	15.811	0.0000
Répétition	5	0.00610	0.00122	0.74	0.5975
Temp*Var	12	0.12341	0.01028	6.22	0.0000
Erreur	86	0.14225	0.00165		
Total	110				

**Tableau 7 : LER moyen en fonction des variétés et des températures**

Variété	Température	LER	SE
1	17	0.1334	0.0166
1	22	0.2742	0.0182
1	23	0.3324	0.0166
1	28	0.3884	0.0166
2	17	0.1630	0.0166
2	22	0.1035	0.0203
2	23	0.2826	0.0166
2	28	0.3867	0.0166
3	17	0.1715	0.0166
3	22	0.2932	0.0166
3	23	0.3319	0.0166
3	28	0.4655	0.0166
4	17	0.1587	0.0166
4	22	0.2255	0.0203
4	23	0.2890	0.0166
4	28	0.4509	0.0166
5	17	0.1745	0.0288
5	22	0.1175	0.0166

5	23	0.3031	0.0166
5	28	0.3262	0.0166

L'effet de la température sur la croissance est d'autant plus remarquable quand on considère la variation de la vitesse d'élongation foliaire (LER) que peut provoquer une hausse de quelques degrés en température. Les résultats que nous avons obtenus, (pour la variété Ruille par exemple ; tableau 7) montrent que lorsqu'on passe d'une température moyenne de 17°C à 28°C, on passe alors d'un LER moyen de 3.12cm/jour à un LER de 9.12cm/jour. Donc  $LER(28^{\circ}C) \approx 3 LER(17^{\circ}C)$ . Pour les autres variétés cette augmentation a également été observé pour les mêmes écarts de température.

Tout au long du cycle de développement d'une plante, la température influence positivement ou négativement la vitesse de croissance.

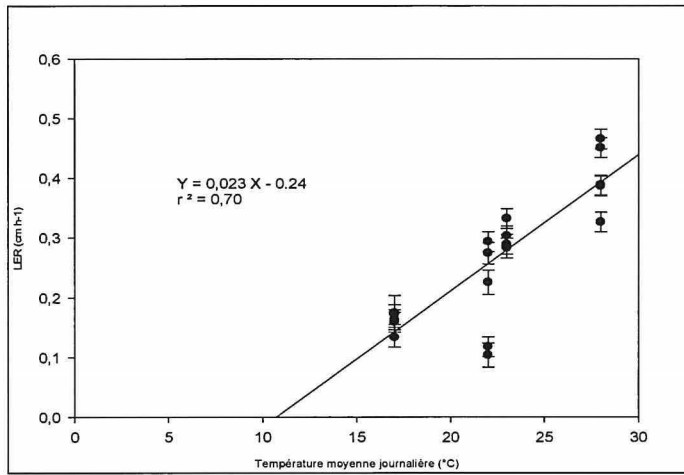
Pour une plante donnée, c'est le supplément de température qui est utile pour la croissance (température utile). Plus ce supplément est important, plus l'augmentation du LER est importante, pour être maximum une fois la température maximale de la plante atteinte.

Ainsi la détermination de la température de base se justifie dans la mesure où elle peut faciliter le choix des variétés en fonction des températures moyennes dans une région donnée. Cependant la pente de la courbe de croissance constitue aussi un paramètre très important dans le cycle d'une plante. En effet pour lorsqu'on considère deux variétés de même température de base, celle qui aura une pente plus grande accomplira en premier son cycle.

### **V.5 Détermination de la Température de base**

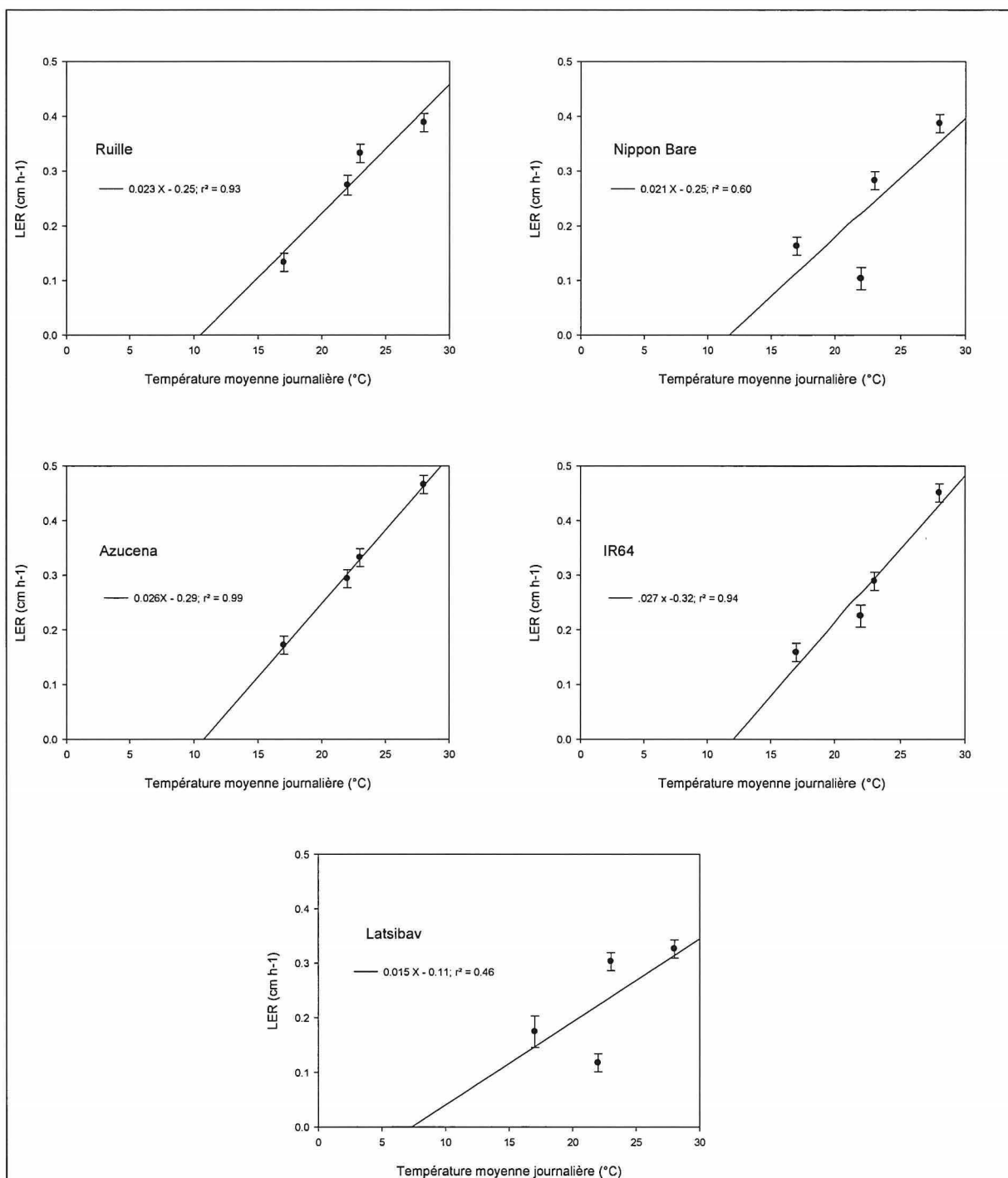
Lors de l'expérience à 22°C, les deux variétés Latsibavi et Nippon bare ne se sont pas bien comportées et non pas donné six plants homogènes pour les six répétitions. Tout au long des expériences, il était difficile d'avoir des plants homogènes avec Latsibavi, ce qui peut s'expliquer par le faible taux de germination du lot (ce qui a créé un décalage entre les répétitions). Ces deux génotypes se sont montrés plus sensibles aux problèmes rencontrés lors de la mise en route de cette première expérience. Ces deux contraintes rencontrées sur la manipulation à 22°C se traduisent sur la figure 5 par un décalage du point représentant le LER moyen à 22°C pour ces deux variétés.

La figure 5 nous donne une représentation cumulée des LER moyens sur les F6 pour les 5 variétés. Cette figure nous permet d'observer d'une manière générale les caractéristiques de la régression d'une représentation du LER en fonction des températures moyennes journalières. A partir de cette régression moyenne, nous arrivons à une température de base moyenne de 11.5°C, assez proche de la température de base attribuée à l'espèce dans la littérature.



**Figure 9 : Taux d'élongation foliaire (feuille 6) en fonction de la température, toutes variétés confondues**

La figure 6, représente pour chaque variété la représentation du LER moyen de la feuille 6 en fonction des températures moyennes journalières. On obtient donc pour chaque température donnée, une valeur du LER. La régression linéaire entre ces points donne à l'intersection de l'axe des températures, la valeur de la température de base pour les 5 génotypes. (cf tableau 8).



**Figure 10 : Taux d'élongation foliaire (LER) des feuilles 6 en fonction de la température pour chacune des variétés étudiées**

On remarque que ce paramètre fait également ressortir la diversité existant entre les variétés de riz. On note que les variétés Ruille et Latsibavi sont celles qui présentent les températures de base les plus basses, avec respectivement 10.87°C et 7.30°C, ce qui explique leur présence en culture dans des régions à température moyenne basses. Il s'agit de la Camargue (zone tempérée) pour Ruille et d'une région montagneuse du Madagascar pour Latsibavi.



**Tableau 8 : Température de base pour les différentes variétés**

Variété	Ruille	Nippon bare	Azucena	IR 64	Latsibavi
Regression	0.023x-0.25	0.021x-0.25	0.028x-0.29	0.027x-0.32	0.015X-0.11
T base	10.87	11.9	11.15	11.85	7.3

### V.6 Calcul Phyllochrone thermique

Le tableau 9 résume le calcul du phyllochrone thermique. Ce calcul se fait à partir du phyllochrone horaire obtenu précédemment. En effet, cette expression du phyllochrone fait appel à la notion de temps thermique, qui traduit plus la relation existant entre la température et les phénomènes de développement d'une plante. Pour décrire l'effet la température sur la vitesse de développement, le concept de temps thermique a souvent été utilisé et des auteurs comme REAUMUR (1735) cité par DURAND (1969) qui ont introduit le concept de somme de température suggèrent qu'il serait plus adapté que le nombre de jours à l'estimation du temps nécessaire à l'accomplissement d'une phase de développement. A partir du phyllochrone en heure, le phyllochrone en temps thermique est donné par la relation suivante :

$$\text{Phyllochrone } (^{\circ}\text{C}/\text{j}) = (\text{TT} * \text{Phyllochrone (h)})/24$$

L'analyse des ces résultats montre une fois de plus, qu'il existe une diversité entre les variétés étudiées, une diversité déjà mise en évidence plus haut, pour des paramètres tels la température de base, la pente ou la longueur finale des feuilles.

**Tableau 9 : Température de base et phyllochrone**

Variétés	Température de base	Phyllochrone (h)	Phyllochrone (d°C/j)
Ruille (1)	10.87	141.36	87.93
Nippon Bare(2)	11.9	124.72	72.23
Azucena (3)	11.15	116.07	70.85
IR64 (4)	11.85	95.22	55.34
Latsibavi (5)	7.3	151.63	116.88

Ainsi, on note que ce sont les variétés Ruille (variété de région tempérée) et Latsibavi (variété d'altitude, donc de basse température) qui présentent les phyllochrones les plus élevés. Puisque ces variétés ont les températures de base les plus basses, dans les mêmes conditions de température, elles présentent les temps thermiques ( $\text{TT} = T_m - T_b$ ) les plus importants. Ces variétés devraient donc présenter les vitesses de croissance les plus importantes, et ceci confirmerait l'hypothèse de CHAUSSAT, 2001 selon qui la croissance apparaît à peu près proportionnelle au supplément de température ( $T_m - T_b$ ).

Pourtant les résultats révèlent que ce sont les variétés ayant les températures de base le plus élevées qui ont la croissance la plus rapide. Ceci montre que la température de base et notamment la température utile ne justifient pas un rythme de croissance plus important. Ainsi, nous pouvons penser qu'il existe d'autres facteurs compensant la température de base.



## CONCLUSION

Face à l'enjeu planétaire que constitue une espèce telle que le riz, les recherches menées par des centres de recherches et de développement s'appuient aussi sur la sélection d'individus pouvant donner les meilleurs rendements même dans des conditions limitantes. Cette sélection peut se baser sur la large diversité existant entre les cent mille variétés environ que compte l'espèce. Cette diversité peut s'exprimer pour plusieurs paramètres de la plante.

Ce travail, mené au centre CIRAD-Lavalette (montpellier), avait pour but dans un premier temps de vérifier l'existence d'une diversité entre les variétés du riz, et ensuite de proposer une méthode de phénotypage de la température de base. Au départ, nos hypothèses étaient d'une part qu'il existait effectivement une diversité en considérant des paramètres tels que la température. Cette étude s'est basée sur l'analyse du comportement des différentes variétés sous un certain nombre de températures distinctes.

Les résultats obtenus avec 5 variétés étudiées montrent qu'il existe effectivement une diversité. Cette diversité porte sur des paramètres tels la vitesse d'élongation des feuilles (LER), la pente de la phase exponentielle des courbes de croissance des feuilles, la longueur finale des feuilles, le phyllochrone ainsi que la température de base. Cette étude nous montre aussi l'effet de la température sur les principaux paramètres de croissance, notamment sur la vitesse d'élongation foliaire.

Enfin, la méthode utilisée pour la détermination de la température de base nous donne des résultats proches de ceux rencontrés dans la littérature. On a pu déterminer la température de base des cinq variétés étudiées. Il ressort que les variétés cultivées tropicales d'altitude (Latsibavi et tempérée (ruille) présentent une température de base plus faible que les variétés tropicales (Azucena, IR64 et Nippon Bare). Toutefois ces faibles températures de base ne suffisent pas à compenser la faible croissance que l'on observe chez ces variétés.

Cette méthode pourrait être utilisée sur un plus grand nombre de variétés avec quelques aménagements :

- L'utilisation d'un plus grand nombre de températures de mesure afin d'affiner la régression permettant la détermination de la température de base.
- La diminution du nombre de répétitions, un faible écart-type entre les mesures d'élongation des feuilles ayant été observé. 4 répétitions devraient suffire.
- Des mesures à basse température pourraient nous donner des informations sur le comportement de la courbe (LER = fonction Tbase) près de l'origine.

Ce phénotypage sur un grand nombre de génotypes permettrait également de confirmer l'existence d'une diversité de la température de base selon les grands groupes variétaux du riz.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADRAO., 1995.** Le plant de riz et son environnement. Guide de formation N°2, ADRAO, Bouaké, Côte d'Ivoire, 34p.
- ADRAO., 1976.** Sélection et amélioration variétale du riz. *Séminaire Monrovia Janvier 1973.* Monrovia. ADRAO 1976.
- ANGLADETTE A., 1966.** ; Le Riz, Maisonneuve et Larose Ed. Paris – 930 p.
- BAKER , C.K., GALLAGHER, J.N., 1983;** The development of winter wheat in the field. 2. The control of primordium initiation rate by temperature and photoperiod. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 101, 337-344.
- BOLOMIER JEROME, 2003.** Etude des modifications comportementales de plusieurs génotypes de riz *Oryza sativa L.* en reponse au degré de compétition intra-peuplement. Mémoire de fin d'étude Ecole supérieure d'Agriculture.
- BONHOMME RAYMOND.; 1999.** Based and limits to using' degree day' units; *European Journal of Agronomy*; 10 p.
- CAO, W., MOSS, D.N., 1989.** Temperature and daylength Interaction on phyllochron in wheat and barley. *Crop science.* 29, 1046-1048.
- CHAUSSAT, R., 2001.** Croissance et développement des plantes ; manuel pédagogique, Institut Nationale Agronomique Paris-Grignon., 16p.
- CIRAD, 2002.** Le riz qui nourrit le monde ; *Le CIRAD au salon International de l'Agriculture.* Février 2002. 15p.
- CLEMENT, 1987;** Les potentialités de production d' *Oryza glaberrima* en culture pluviale. *L'Agronomie tropicale* 42, 275-279.
- DELECOLLE, R., HAY., R.K.M ., GUERIF, M., PLUCHARD, P., VARLET-GRANCHER, C., 1989,** A method of describing the progress of apical development in wheat based on the time course of organogenesis. *Field Crops Research* 21, 147-160.
- DINGKUNH, M., MIEZAN, K.M., 1995.** Climatic determinants of irrigated rice performance in the Sahel. III. Characterizing environments by simulating crop phenology. *Agricultural Systemes* 48, 435 – 456.
- DURAND, R., 1969.** Signification et portée des sommes de températures. *Agronomie* 113, 187-190.
- FAO., 2008.** Signes tangibles d'une production record de riz ; *Les prix fermes en 2008 et la catastrophe au Myanmar une cause aggravante.*
- GALLAGHER, (1979)**
- JONES, H.G., 1983.** A quantitative approach to environmental plant physiology. In: *Plants and microclimate.* Press, Cambridge University, Nottingham, pp.428.
- GLASZMANN J.C., 1986.** A varietal classification of Asian cultivated rice(*Oryza sativa L.*) based on isoenzyme polymorphism. *Rice Genetics, IRRI*; 88-90.
- GREENLAND D.J., 1997.** The sustainability of rice farming. In (Eds). *CAB International in association with the International Rice Research Institute, London, UK,* pp. 273.
- HAY, R.K.M., KEMP, D.R., 1990.** Primordium initiation at the stem apex as the primary event controlling plant development : preliminary evidence from wheat for the regulation of leaf development. *Plant, Cell and Environment* 13, 1005-1008.
- HODGES, T., 1991.** Temperature and water stress effects on phenology. In: T. HODGES (Editor), *predicting crop phenology,* CRC Press Boca Raton, FL , pp 7-13.
- HUKE, R., 1976.** Geography and climate of rice. In: (Eds). *Climate and Rice.* International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines, pp. 35-50.
- JACQUOT, M., CLEMENT, G., GUIDERDONI, E., PONS, B., 1992.** Le riz In GALAIS, A., BANNEROT, H. (Ed). *Amélioration des espèces végétales cultivées.*

- JACQUOT, M., ARNAUD, G., 1979.** Classification numérique des variétés de riz. *L'Agronomie Tropicale* 2, 157 – 173.
- KAWATA S., KATANO M., YAMAZAKI., 1980.** The growing directions and the geotropic responses of the rice crown roots. *Japan. Jour. Crop. Sci* 49: 301-310. (J).
- KIRBY, E.J.M., 1990.** Co-ordination of leaf emergence and leaf and spikelet primordium initiation in wheat. *Field Crops Research* 25, 253-264.
- KLEPPER, B., FRANK, A.B., BAUER, A., MORGAN, J.A., 1985.** Physiological and phenological research in support of wheat yield modeling. In W.O. WILLIS (ed.) ARS wheat yield project. USDA-ARS Rep. 38 USDA, Washington, DC. P 134-150.
- LACHARME MARC., 2001.** Le plant du riz, *données morphologiques et cycle de la plante* ; fascicule 2. Momento technique de Riziculture. 22pp.
- MOREAU, D., 1987.** L'analyse de l'élaboration du rendement du riz: *les outils de diagnostic*. Groupe de recherche et d'échanges technologiques. 125pp.
- NEMOTO, K., MORITA, S., BABA, T., 1995.** Shoot and root development in the rice related to the phyllochron. *Crop Science* 35, 24-29.
- REAUMUR, R.A.D., 1735.** Observations du thermomètre faites à Paris en 1735 comparées à celles qui ont été faites sous la ligne de l'Isle-de-France, à Alger et en quelques unes de nos Isles de l'Amérique. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*, 545-576.
- RITCHIE, J.T., 1987.** Modeling wheat development. *In Agronomy abstracts*. ASA, Madison, WI. p.16.
- ROBERTS, E.H., SUMMERFIELD, R.J., 1987.** Measurement and prediction of flowering in annual crops. In: J.G. ATHERTON (Editor), *Manipulation of flowering*, Butterworths, London. pp 17-50.
- SIE, M., DINGKUHN, M., WOPEREIS, M.C.S., MIEZAN, K.M., 1998a.** Rice crop duration and leaf appearance rate in a variable thermal environment. II. Comparison of genotypes. *Field Crops research* 58, 129-140.
- TIVET, FLORENT., 2000.** Etude des facteurs génotypiques et environnementaux déterminant la mise en place de la surface foliaire chez le riz (*Oryza sativa L.* et *Oryza glaberrima Steud.*). Influence particulière d'un déficit hydrique. Thèse de Doctorat d'Etat. Institut National Agronomique Paris-Grignon.
- TIVET, FLORENT., 1996.** Etude de la régulation du tallage chez deux génotypes de riz (*Oryza sativa L.*). *Diplôme d'Etudes approfondies*. Institut National Agronomique, Paris. 24 pp.
- WATTS, W.R., 1972.** Leaf extension in *Zea mays*. II. Leaf extension in response to independent variation of the temperature of the apical meristem, of the air around the leaves and of the root-zone. *Journal of experimental Botany*, 23, 713-721.
- WEIKAI Y et L.A HUNT 1999**
- WARRINGTON, I.J., KANEMASU, E.T., 1983a.** Corn growth response to temperature and photoperiod. II. Leaf initiation and leaf appearance rates. *Agronomy Journal* 75, 755-761.
- WILHELM, W.W., McMASTER, G.S., 1995.** Importance of phyllochron in studying development and growth in grasses. *Crop Science* 35, 1-3.
- XINYOU YIN., MARTIN J.KROPPF., Mc LAREN, G., VISPERAS, R.M., 1995.** A nonlinear model for crop development as a function of temperature. *Agricultural and forest meteorology* 77, 1-16.
- YOSHIDA S., 1981.** Fundamentals of rice crop science, The international rice research institute, Philippines, 269p.

## Liste des tableaux

- Tableau n° 1** : Caractéristiques de l'élongation des feuilles chez les différents génotypes.
- Tableau n° 2** : Analyse (ANOVA) de l'élongation des feuilles F6 des 5 génotypes à 28°C.
- Tableau n° 3** : Test LSD de Comparaison des groupes homogènes
- Tableau n° 4** : Analyse (ANOVA) de la variance du phyllochrone.
- Tableau n° 5** : Test LSD de comparaison des phyllochrones des variétés
- Tableau n° 6** : Analyse de variance du LER (Feuille 6)
- Tableau n° 7** : LER moyens en fonction des variétés et des températures
- Tableau n° 8** : Température de base des différentes variétés
- Tableau n° 9** : Phyllochrone en temps thermique

## Liste des figures

- Figure n° 1** : Les différentes parties du plant de riz (ADRAO, 1995)
- Figure n° 2** : Les différentes parties d'une panicule (A) et d'un épillet (B) de riz (ADRAO, 1995)
- Figure n° 3** : les différentes phases de développement du plant de riz (ADRAO, 1995).
- Figure n° 4** : Courbe représentative de l'évolution du LER en fonction de la température
- Figure n° 5** : Elongation des feuilles (ex : Variété Ruille, F3)
- Figure n° 6** : Exemple de courbe de croissance des feuilles
- Figure n° 7** : Courbes représentatives de l'élongation des feuilles F6 des 5 génotypes à 28°C
- Figure n° 8** : Phyllochrones moyens par variété
- Figure n° 9** : LER des feuilles 6 en fonction de la température
- Figure n° 10** : Représentation cumulée du LER des F6 en fonction de la température



## Résumé :

Le riz se caractérise par une grande diversité génétique pour répondre au grand nombre d'écosystèmes que cette espèce a su coloniser. Cette étude réalisée au CIRAD-Lavalette (UPR 6 et 59), à travers le suivi du comportement de quelques génotypes en fonction de la température cherchait à montrer l'existence d'une diversité dans la température de base. Celle n'étant mesurable directement il est nécessaire d'étudier la croissance des feuilles à différentes températures pour pouvoir déterminer la valeur de la température de base.

Dans notre étude, la croissance de 5 variétés représentatives des différents groupes du riz (*Oryza sativa*) a été étudiée sous 4 températures différentes.

Les résultats ont montrés que sur les 5 variétés utilisées une diversité génétique de la température de base existait. Celle-ci est nettement plus faible pour les cultivars des groupes tropicaux d'altitude et tempéré en comparaison avec les cultivars des groupes tropicaux (japonica ou indica)

L'étude nous a également permis aussi de voir l'impact de la température sur les paramètres qui régissent la croissance et le développement d'une plante (LER, pente, longueur finale des feuilles).

La méthode utilisée peut avec quelques aménagements être utilisée pour un phénotypage sur un grand nombre de plante. Ce phénotypage est nécessaire pour confirmer l'existence d'une diversité dans la température de base entre les grands groupes génétiques du riz.

**Mots clés :** Elongation foliaire, *Oryza sativa*, Phyllochrone, Riz, Température de base.