

ASPECTS BIOCLIMATOLOGIQUES DE LA NÉCROSE CORTICALE DE L'HÉVÉA EN CÔTE D'IVOIRE

J. NIZINSKI ., G. GALAT GERARD, ANH GALAT-LUONG

Institut de Recherche pour le Développement (I.R.D.), UR « Clifa », 911 Avenue Agropolis, BP 64501, 34398 Montpellier cedex 5, France, phone: (33) 2-38-49-95-25, fax: (33) 2-38-49-95-76, E-mail: georges.nizinski@ird.fr; gerard.galat@ird.fr; anh.luong@ird.fr.

Résumé : La nécrose de l'écorce de l'hévéa est une affection du tronc, s'exprimant par une altération des tissus corticaux au niveau desquels se situent les tissus conducteurs de latex. Nous avons étudié les transferts hydriques dans des plantations en Côte d'Ivoire (mai et septembre 2004) dans une futaie d'hévéas plantée en janvier 1996, sur des individus « sains » et sur des individus « nécrosés ». Les mesures de potentiel hydrique nous permettent d'apprécier les résistances le long du continuum racines – tronc – feuilles: les résistances au passage de l'eau entre le tronc et les feuilles sont les mêmes pour les individus « sains » et les individus « nécrosés »; les résistances au passage de l'eau entre les racines et le tronc différencient en revanche radicalement les deux types d'individus au niveau de la jonction de greffage; la résistance est exceptionnellement élevée pour les individus « nécrosés ». Les résultats semblent montrer une différence de fonctionnement dans la régulation du flux transpiratoire entre individus « sains » et individus « nécrosés ». Les mesures ont été ici faites en conditions de disponibilité en eau optimales, il faudrait poursuivre ces mesures en conditions de stress hydrique pour la plante, on pourrait alors avoir des résultats plus contrastés.

Mots-clés: impact des extrêmes climatiques - transpiration - conductivité hydraulique – hévéa - nécrose

Abstract: *Bioclimatological aspects of the cortical necrosis of the rubber tree in Ivory Coast. The necrosis of the bark of the rubber tree is a disease of the trunk, manifested by an impairment of cortical cloths at the level of which the cloths drivers of latex are found. We studied the water transfers in plantations in Ivory Coast (May and September, 2004) in a timber of rubber trees planted in January, 1996, on "healthy « individuals and on "necrosed ".individuals. The measurements of water potential allow us to appreciate resistance along the continuum roots – trunk – leaves: the resistance to the passage of water between the trunk and leaves is the same for the "healthy " individuals and the "necrosed" individuals; the resistance to the passage of water between roots and trunk differentiates both types of individuals drastically at the level of the junction of grafting; the resistance is unusually high for the "necrosed" individuals. Results seem to show a difference of functioning in the regulation of the flux transpiratoire between "healthy " individuals and individuals "necrosed" Measurements were made here in optimum conditions of water vailability, however it would be necessary to follow these measurements in conditions of water stress for the plant, they could then have more contrasting results.*

Keywords: impact of the climatic extremes - transpiration - hydraulic conductivity – rubber tree - necrosis

Introduction

La nécrose de l'écorce de l'hévéa est une affection du tronc, s'exprimant par une altération des tissus corticaux au niveau desquels se situent les tissus conducteurs de latex. Même dans le cas d'attaques très sévères, le cambium et le xylème demeurent fonctionnels. Compte tenu de la différenciation continue de cellules par l'assise cambiale, la couche de tissus laticifères nécrosés non fonctionnels est repoussée vers l'extérieur. Cette maladie touche essentiellement des arbres adultes en cours de saignée qui ne produisent alors plus de latex mais des cas de nécrose ont été observés sur de jeunes hévéas non exploités; il ne s'agit donc pas, comme pour l'encoche sèche, d'une maladie associée à la saignée. De nombreuses observations suggèrent que le développement de la nécrose corticale est déclenché, ou accéléré, par une combinaison de facteurs chimio-physiques du milieu (stress liés au climat et au sol) et un traumatisme (mécanique et/ou métabolique) provoqué par les saignées. On peut également supposer une contribution de nature génétique (variabilité clonale, nette dans le cas de l'encoche sèche, moins nette pour la nécrose). Des observations, qualitatives et quantitatives (Nizinski *et al.*, 2005) semblent justifier l'hypothèse de l'association de la nécrose à une fermeture partielle des stomates et à potentiel hydrique plus négatif chez les arbres nécrotiques, indiquant un problème

ASPECTS BIOCLIMATOLOGIQUES DE LA NÉCROSE CORTICALE DE L'HÉVÉA EN CÔTE D'IVOIRE

J. NIZINSKI ., G. GALAT GERARD, ANH GALAT-LUONG

Institut de Recherche pour le Développement (I.R.D.), UR « Clifa », 911 Avenue Agropolis, BP 64501, 34398 Montpellier cedex 5, France, phone: (33) 2-38-49-95-25, fax: (33) 2-38-49-95-76, E-mail: georges.nizinski@ird.fr; gerard.galat@ird.fr; anh.luong@ird.fr.

Résumé : La nécrose de l'écorce de l'hévéa est une affection du tronc, s'exprimant par une altération des tissus corticaux au niveau desquels se situent les tissus conducteurs de latex. Nous avons étudié les transferts hydriques dans des plantations en Côte d'Ivoire (mai et septembre 2004) dans une futaie d'hévéas plantée en janvier 1996, sur des individus « sains » et sur des individus « nécrosés ». Les mesures de potentiel hydrique nous permettent d'apprécier les résistances le long du continuum racines – tronc – feuilles: les résistances au passage de l'eau entre le tronc et les feuilles sont les mêmes pour les individus « sains » et les individus « nécrosés »; les résistances au passage de l'eau entre les racines et le tronc différencient en revanche radicalement les deux types d'individus au niveau de la jonction de greffage; la résistance est exceptionnellement élevée pour les individus « nécrosés ». Les résultats semblent montrer une différence de fonctionnement dans la régulation du flux transpiratoire entre individus « sains » et individus « nécrosés ». Les mesures ont été ici faites en conditions de disponibilité en eau optimales, il faudrait poursuivre ces mesures en conditions de stress hydrique pour la plante, on pourrait alors avoir des résultats plus contrastés.

Mots-clés: impact des extrêmes climatiques - transpiration - conductivité hydraulique – hévéa - nécrose

Abstract: *Bioclimatological aspects of the cortical necrosis of the rubber tree in Ivory Coast. The necrosis of the bark of the rubber tree is a disease of the trunk, manifested by an impairment of cortical cloths at the level of which the cloths drivers of latex are found. We studied the water transfers in plantations in Ivory Coast (May and September, 2004) in a timber of rubber trees planted in January, 1996, on "healthy « individuals and on "necrosed ".individuals. The measurements of water potential allow us to appreciate resistance along the continuum roots – trunk – leaves: the resistance to the passage of water between the trunk and leaves is the same for the "healthy " individuals and the "necrosed" individuals; the resistance to the passage of water between roots and trunk differentiates both types of individuals drastically at the level of the junction of grafting; the resistance is unusually high for the "necrosed" individuals. Results seem to show a difference of functioning in the regulation of the flux transpiratoire between "healthy " individuals and individuals "necrosed" Measurements were made here in optimum conditions of water vailability, however it would be necessary to follow these measurements in conditions of water stress for the plant, they could then have more contrasting results.*

Keywords: impact of the climatic extremes - transpiration - hydraulic conductivity – rubber tree - necrosis

Introduction

La nécrose de l'écorce de l'hévéa est une affection du tronc, s'exprimant par une altération des tissus corticaux au niveau desquels se situent les tissus conducteurs de latex. Même dans le cas d'attaques très sévères, le cambium et le xylème demeurent fonctionnels. Compte tenu de la différenciation continue de cellules par l'assise cambiale, la couche de tissus laticifères nécrosés non fonctionnels est repoussée vers l'extérieur. Cette maladie touche essentiellement des arbres adultes en cours de saignée qui ne produisent alors plus de latex mais des cas de nécrose ont été observés sur de jeunes hévéas non exploités; il ne s'agit donc pas, comme pour l'encoche sèche, d'une maladie associée à la saignée. De nombreuses observations suggèrent que le développement de la nécrose corticale est déclenché, ou accéléré, par une combinaison de facteurs chimio-physiques du milieu (stress liés au climat et au sol) et un traumatisme (mécanique et/ou métabolique) provoqué par les saignées. On peut également supposer une contribution de nature génétique (variabilité clonale, nette dans le cas de l'encoche sèche, moins nette pour la nécrose). Des observations, qualitatives et quantitatives (Nizinski *et al.*, 2005) semblent justifier l'hypothèse de l'association de la nécrose à une fermeture partielle des stomates et à potentiel hydrique plus négatif chez les arbres nécrotiques, indiquant un problème

d'accès à l'eau (racines) ou de conduite de l'eau (xylème). Nous avons étudié les transferts hydriques dans des plantations d'hévéas en Côte d'Ivoire en considérant le sol, l'individu d'hévéa et l'atmosphère comme une entité physique dans laquelle les processus mis en œuvre pour la circulation de l'eau sont interdépendants. Nous avons mesuré les potentiels hydriques et les résistances au flux de sève brute au travers des racines, de la jonction de greffage, du tronc et des feuilles sur des individus « sains » et des individus « nécrosés ».

2. Matériel et méthodes

2.1. Situation géographique, climat, végétation, individus d'hévéa étudiés

La station d'étude se trouve au sud de la Côte d'Ivoire, le climat y est représentatif du climat général de la zone forestière humide. La migration d'air humide et instable (alizés australs, du sud au nord) débute en février – mars, il y a deux saisons des pluies caractérisées par une importante variabilité dans le temps et dans l'espace, d'avril à juin et de septembre à novembre, avec des précipitations moyennes annuelles de $P_i=2065 \text{ mm an}^{-1}$, une évapotranspiration potentielle (méthode Penman, 1948) de 1365 mm an^{-1} ($E_p=3,7 \text{ mm jour}^{-1}$), un rayonnement global moyen annuel journalier de $18,4 \text{ MJ jour}^{-1}$, une durée d'insolation moyenne journalière de 6,3 heures, une température moyenne de l'air de $26,3 \text{ °C}$ ($t_{\max}=28,8 \text{ °C}$, $t_{\min}=23,7 \text{ °C}$), une humidité relative de l'air de 87,3 %, une vitesse moyenne du vent de $95,8 \text{ km jour}^{-1}$ (station de référence Abidjan: latitude $5^{\circ}15' \text{ N}$, longitude $3^{\circ}56' \text{ W}$; altitude 125 m. La période d'avril à juin correspond à la grande saison des pluies ($P_i=712 \text{ mm}$; avec des précipitations moyennes annuelles de $P_i=1723 \text{ mm an}^{-1}$; station météorologique de Bongo située sur la plantation). Nous avons fait les mesures d'une part pendant cette saison des pluies, en mai 2004 ($P_i=146 \text{ mm mois}^{-1}$; avec un sol à la capacité au champ) et d'autre part en septembre qui correspond statistiquement à la fin de la saison sèche, avec juillet ($P_i=175 \text{ mm mois}^{-1}$) – août ($P_i=68 \text{ mm mois}^{-1}$) – septembre ($P_i=87 \text{ mm mois}^{-1}$); mais en 2004 la 2^e saison des pluies fut précoce et lors des mesures en septembre les pluies avaient déjà ramené le sol à la capacité au champ.

La végétation d'origine de Côte d'Ivoire est une forêt humide. Les surfaces défrichées sont transformées en cultures pérennes, plantations de palmier à huile, de caféier, de cocotier et d'hévéa. L'hévéa est d'introduction récente en Côte d'Ivoire. Le clone étudié, PB-260, a été créé entre 1955 et 1960 en Malaisie par pollinisation et a été classé comme clone à latex et à bois d'œuvre avec un tronc droit et régulier, ayant une croissance rapide avant saignement (5 ans). Les individus cultivés sont greffés, il existe donc « une jonction de greffage » chez ces individus.

Nous avons choisi en septembre 2003 pour le suivi des transpirations, potentiels et résistances, des individus « sains » et des individus « nécrosés », qu'il a associés par couple (un individu « sain » dénommé S; un individu « nécrosé » dénommé N); les deux individus de chaque couple sont proches l'un de l'autre, ont eu des conditions de croissance similaires et sont, au moment des mesures, dans des conditions similaires (lumière, ombre): il y a trois couples (S-N) au sein de la placette étudiée.

2.2. Evapotranspiration potentielle du couvert et transpiration, conductivité hydraulique, absorption racinaire et dispositif expérimental

Les formules de Penman et de Monteith ont été utilisées pour estimer l'évapotranspiration potentielle (E_p) et l'évapotranspiration réelle du couvert (E_a). Nous avons utilisé les données météorologiques de la station installée à environ cinq kilomètres des peuplements étudiés. Les valeurs de l'évapotranspiration potentielle et réelle ont été calculées chaque vingt minutes, puis cumulées sur les durées correspondant aux intervalles de mesures des potentiels et des résistances.

Il s'agit du flux de sève transitant par un segment de tronc par unité de temps et par unité de gradient de potentiel (sans spécifier le diamètre du tronc), à savoir: $k_h = \text{Tr}/(\Delta\Psi/l)$, avec: k_h - conductivité hydraulique; Tr – transpiration; $\Delta\Psi$ - différence de potentiel entre deux points de mesure de potentiel; l – longueur du segment de tronc.

Dans nos conditions expérimentales les quantités d'eau transpirées (Tr) quotidiennement par l'hévéa sont celles absorbées par les racines (Abs), le flux d'eau à travers l'hévéa pouvant être considéré comme conservatif, soit: $\text{Abs} \approx \text{Tr}$. Par simplification, nous réduisons l'hévéa à trois compartiments: le compartiment « feuilles », le compartiment « tronc » qui est le greffon, le compartiment « racines »

qui est le porte-greffe; la jonction de greffage délimite physiquement deux portions du tronc réel mais dans notre schéma de compartiments, elle délimite le compartiment «racines» et du compartiment «tronc».

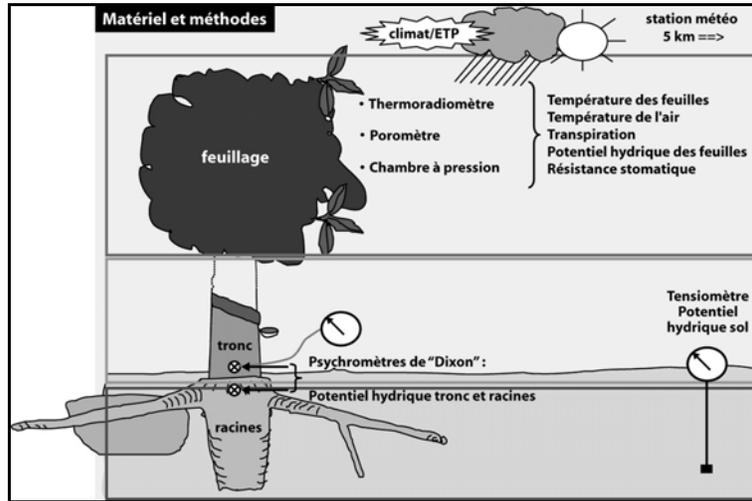


Figure 1. Matériels et méthodes utilisés lors de missions en Côte d'Ivoire en 2004

3. Résultats et discussion

3.1. Paramétrisation du sol et du couvert végétal

Pour comparer nos mesures à celles d'autres travaux, nous avons paramétré la station d'étude, ces paramètres intervenant dans les modèles mathématiques d'estimation de la transpiration des individus « sains » et « nécrosés », à savoir: le nombre d'arbres par hectare, la circonférence des arbres, la surface terrière des placettes d'études, l'indice foliaire, la hauteur moyenne du peuplement, présentés dans le Tableau 2 et comparables aux paramètres obtenus par Monteny (1987).

Date de plantation	1996
Clone	PB-260
Ecartement (en mètre)	6 x 4,0
Hauteur moyenne des arbres (m)	15,0
Surface de la placette (hectare)	25,70
Nombre d'arbres	8558
Nombre d'arbres (arbres ha ⁻¹)	333
Surface du sol occupée par un arbre (m ²)	30,03
Circonférence à 1,3 m du sol (cm)	59,57
Diamètre du tronc à 1,3 m du sol (cm)	18,96
Surface terrière m ² ha ⁻¹	10,00
Indice foliaire (LAI, m ² m ⁻²)	3,24

Tableau 1 - Caractéristiques morphologiques du peuplement de la station d'étude P20

Les profils d'humidité et de potentiel hydrique du sol ont été établis chaque jour de mesure sur une profondeur de 1,2 m, profondeur correspondant à la quasi-totalité du système racinaire de l'hévéa, qui peut atteindre 4 m. Ces profils ont été établis respectivement pour les individus « sains » et les individus « nécrosés »: ces profils sont identiques, la réserve utile en eau du sol pour les deux types d'individus est donc la même. Pour l'ensemble de la zone racinaire les teneurs en eau ont toujours été proches de la capacité au champ, $R_{cc} = 412$ mm, soit un potentiel hydrique du sol de $\Psi_{sol} = -0,1$ bars et sont comparable aux valeurs mentionnées par Monteny (1987) concernant des sols ferrallitiques apparentés aux nôtres, formés sur sable, à Oursou, Côte d'Ivoire et plantés d'hévéas.

3.2. Flux de vapeur d'eau, potentiels et résistances dans le système sol – plante - atmosphère

3.2.1. Evapotranspiration potentielle du couvert et transpiration des individus « sains » et des individus « nécrosés »

Les caractéristiques morphologiques du peuplement étant les mêmes pour les deux types d'individus, l'évapotranspiration potentielle est la même pour tout le peuplement, elle représente l'énergie maximale pouvant être dissipée sous forme de chaleur de vaporisation de l'eau. L'évapotranspiration potentielle, moyenne journalière du couvert d'hévéas sur 18 jours, du 5 au 13 mai et du 7 au 25 septembre 2004, issue de l'équation de Penman (1948) est de $3,6 \text{ mm jour}^{-1}$, valeur comparable à celle mentionnée par Monteny (1987) pour la même région ($3,5 \text{ mm jour}^{-1}$).

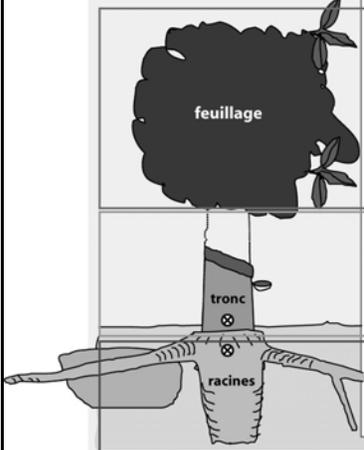
Résultats de mai et septembre		grandeurs mesurées	6 individus sains	6 individus nécrosés	différence	significatif
		Transpiration en $\text{cm}^3 \text{H}_2\text{O s}^{-1}$	$1,9 \pm 0,11$	$1,4 \pm 0,31$	0,5	S
		Conductance du tronc aux feuilles, en $\text{cm}^3 \text{H}_2\text{O s}^{-1} \text{bars}^{-1}$	$0,3 \pm 0,17$	$0,2 \pm 0,18$	0,1	NS
		Conductance des racines aux feuilles, en $\text{cm}^3 \text{H}_2\text{O s}^{-1} \text{bars}^{-1}$	$0,6 \pm 0,08$	$1,6 \pm 0,11$	1,0	S
		Conductance des racines au tronc, en $\text{cm}^3 \text{H}_2\text{O s}^{-1} \text{bars}^{-1}$	$0,2 \pm 0,06$	$1,1 \pm 0,31$	0,9	S

Figure 2. Plantation d'hévéas des individus « sains » (S16-S17-S18) et « nécrosés » (N1-N2-N3) à Bongo, placette d'étude; transpiration moyenne journalière (Tr , en $\text{cm}^3 \text{H}_2\text{O s}^{-1}$) et conductance hydraulique du xylème (des troncs et des racines) lors de la période du 11 au 22 mai et du 5 au 18 septembre 2004

L'évapotranspiration potentielle suit les variations de rayonnement au-dessus du couvert. Pour une parcelle bien irriguée et dense, le flux de chaleur sensible sera quasiment nul, l'énergie reçue à la surface du sol est utilisée dans le flux de chaleur latente de vaporisation de l'eau. Le maximum d'évapotranspiration potentielle se situe entre 12h et 15h avec des valeurs comprises entre $13,5$ et $15,6 \text{ dm}^3 \text{ arbre}^{-1} \text{ heure}^{-1}$, quand le rayonnement est le plus important, la température de l'air la plus forte (jusqu'à 37°C), le déficit de saturation de l'air maximal et l'humidité relative minimale (63 %). Les valeurs maximales de transpiration sont obtenues vers 14h. La transpiration moyenne maximale pour les individus « sains » est respectivement de $Tr = 12,5; 12,0$ et $11,5 \text{ dm}^3 \text{ H}_2\text{O arbre}^{-1} \text{ heure}^{-1}$, soit une moyenne de $Tr = 12,1 \text{ dm}^3 \text{ H}_2\text{O arbre}^{-1} \text{ heure}^{-1}$. L'écart relatif entre individus est de 16 % avec une erreur standard de 0,6 pour un pas de temps d'une heure. La transpiration moyenne maximale pour les individus « nécrosés », est respectivement de $Tr = 10,3; 9,0$ et $11,8 \text{ dm}^3 \text{ H}_2\text{O arbre}^{-1} \text{ heure}^{-1}$, soit une moyenne de $Tr = 10,4 \text{ dm}^3 \text{ H}_2\text{O arbre}^{-1} \text{ heure}^{-1}$. L'écart relatif entre individus est de 10,7 % avec une erreur standard de 0.6 pour un pas de temps d'une heure. La différence maximale à 14h entre individus « sains » et individus « nécrosés » est de $Tr = 1,7 \text{ dm}^3 \text{ H}_2\text{O arbre}^{-1} \text{ heure}^{-1}$. La transpiration des individus « nécrosés » est plus faible que celle des individus « sains » à tous les pas de temps de prise de mesure (20 minutes, 1 heure, 1 jour) permettant de conclure qu'une contrainte hydrique est imposée à ces individus « nécrosés ». Nous avons représenté dans le Tableau 3, les moyennes sur dix-huit jours des transpirations instantanées: $1,9 (\pm 0,11; \text{individus « sains »})$ et $1,4 (\pm 0,31; \text{individus « nécrosés »}) \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{O arbre}^{-1} \text{ s}^{-1}$, soit une transpiration des individus « nécrosés » inférieure de 30 % à celle des

individus « sains » ($Tr = 0,5 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{O arbre}^{-1} \text{ s}^{-1}$). La transpiration moyenne journalière a été respectivement pour les individus « sains » et les individus « nécrosés » de $2,7 \text{ mm jour}^{-1}$ et $2,3 \text{ mm jour}^{-1}$ ($Tr = 17,5$ et $13,5 \text{ dm}^3 \text{ arbre}^{-1} \text{ jour}^{-1}$).

3.2.2. Potentiels et résistances au flux de sève des individus « sains » et des individus « nécrosés »

On a choisi, les 12 mai et 19 septembre, des individus « sains » et des individus « nécrosés », proches les uns des autres, pour le suivi des cinétiques journalières de la résistance stomatique, du potentiel foliaire, du potentiel du xylème - tronc, du potentiel du xylème - racines et des potentiels de base correspondants. Le potentiel hydrique de base rend compte de l'équilibre potentiel hydrique du sol – potentiel hydrique du compartiment mesuré (feuilles, tronc, racines) qui s'établit pendant la nuit, période sans transpiration; ce potentiel tend, sans nécessairement l'atteindre, vers le potentiel hydrique du sol, ici à la capacité au champ pendant les deux périodes de mesures. Les moyennes du potentiel foliaire de base, sont respectivement pour les individus « sains » et « nécrosés » $\Psi_{\text{feuilles}} = -3,2$ et $-3,6$ bars en mai, et $\Psi_{\text{feuilles}} = -3,8$ et $-3,4$ bars en septembre. La précision de l'appareil étant de $\pm 0,5$ bars, il n'existe pas de différence entre individus « sains » et individus « nécrosés ». Comme pour les feuilles, les moyennes du potentiel de base du xylème ne différencient pas les individus « sains » des individus « nécrosés », ces valeurs étant par ailleurs les mêmes pour le tronc et pour les racines et ce, en mai et en septembre: $-4,1 / -4,1$ bars. Les moyennes journalières du potentiel foliaire, sont respectivement, pour les individus « sains » et individus « nécrosés », $\Psi_{\text{feuilles}} = -6,0 (\pm 0,9)$ et $-8,6 (\pm 1,4)$ bars en mai, et $\Psi_{\text{feuilles}} = -6,1 (\pm 1,0)$ et $-7,4 (\pm 1,3)$ bars en septembre. Le potentiel foliaire des individus « nécrosés » est inférieur à celui des individus « sains » d'environ 2,0 bars. Les moyennes journalières du potentiel du xylème sont respectivement, pour les individus « sains » et les individus « nécrosés »; 1^e) pour les racines $\Psi_{\text{racines}} = -3,9$ bars et $-4,2$ bars en mai et $\Psi_{\text{racines}} = -4,9 (\pm 0,1)$ et $-5,2 (\pm 1,1)$ bars en septembre; 2^e) pour les troncs $\Psi_{\text{tronc}} = -4,6 (\pm 0,9)$ et $-5,6 (\pm 1,3)$ bars en mai et $\Psi_{\text{tronc}} = -5,6 (\pm 1,1)$ et $-7,2 (\pm 1,0)$ bars en septembre. Le potentiel du xylème des individus « nécrosés » est inférieur à celui des individus « sains » d'environ 0,5 bars pour les racines et d'environ 1,5 bar pour les troncs. Les mesures ont été faites en saison humide, dans des conditions de disponibilité en eau optimales, ainsi, les résistances stomatiques mesurées sont les résistances stomatiques minimales et sont, respectivement pour les individus « sains » et les individus « nécrosés » $r_{\text{stomatique}} = 1,2$ et $1,8 \text{ s cm}^{-1}$ en mai et $1,59 (\pm 0,5)$ et $2,8 (\pm 0,5) \text{ s cm}^{-1}$ en septembre. Les résistances stomatiques minimales des individus « nécrosés » sont supérieures à celles des individus « sains » d'environ $1,0 \text{ s cm}^{-1}$, et sont associées à des potentiels foliaires et à des potentiels du xylème plus négatifs que chez individus « sains », et à une transpiration inférieure à celle des individus « sains » suggérant l'induction d'un stress hydrique pour les individus « nécrosés ».

3.2.3. Résistances au flux de sève

Les mesures de potentiels hydriques nous permettent d'apprécier les résistances le long du continuum racines – tronc – feuilles (Tableau 3): les résistances (R) ou conductance (k_h) ($=1/\text{Résistance}$) au passage de l'eau entre le tronc et les feuilles sont les mêmes pour les individus « sains » ($k_h = 0,3 \pm 0,1 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{O s}^{-1} \text{ bars}^{-1}$) et les individus « nécrosés » ($k_h = 0,2 \pm 0,1 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{O s}^{-1} \text{ bars}^{-1}$); les conductances au passage de l'eau entre les racines et le tronc différencient en revanche radicalement les deux types d'individus: $k_h = 0,2 \pm 0,1 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{O s}^{-1} \text{ bars}^{-1}$ pour les individus « sains » et $k_h = 1,1 \pm 0,3 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{O s}^{-1} \text{ bars}^{-1}$ pour les individus « nécrosés », phénomène que l'on retrouve à partir de l'analyse de la conductance des racines aux feuilles. C'est donc au niveau de la jonction de greffage que la conductance est exceptionnellement basse pour les individus « nécrosés », sachant par ailleurs que chez les ligneux, les conductances du xylème ne sont pas les plus limitantes pour la circulation de l'eau (résistances plus faibles qu'au niveau des feuilles). Ainsi cette résistance élevée au flux de sève au niveau de la jonction de greffage chez les individus « nécrosés » induit un stress hydrique chez ces individus: potentiel hydrique du xylème – tronc et potentiel hydrique foliaire plus négatifs que chez les individus « sains », transpiration plus faible que chez les individus « sains ». Les potentiels de base, des feuilles, du xylème du tronc et du xylème des racines, similaires pour les individus « sains » et les individus « nécrosés », s'expliquent par le choix de la saison de mesure: dans des conditions de disponibilité en eau optimales le rééquilibrage des potentiels sol – plante est ici optimal puisque, malgré une résistance élevée au passage de l'eau à travers la jonction de greffage chez les individus « nécrosés », la durée de

la nuit est suffisante pour que le rééquilibrage des potentiels se fasse de la même façon pour les individus « sains » et les individus « nécrosés ».

4. Conclusion et perspectives

Ces premiers résultats démontrent une différence de fonctionnement entre individus « sains » et individus « nécrosés » dans la régulation du flux transpiratoire. Les mesures ont été faites ici en conditions de disponibilité en eau optimales, il faudrait poursuivre ces mesures en conditions de stress hydrique pour la plante, en saison sèche en conditions naturelles et en conditions semi contrôlées en culture: 1^{er}) concernant les cinétiques des résistances foliaires, de la transpiration, des potentiels au cours d'une journée, on devrait par exemple obtenir au midi solaire des résistances stomatiques pour les individus « nécrosés » de très loin supérieures à celles des individus « sains » et des transpirations quasi nulles pour ces individus « nécrosés »; 2^{ème}) concernant les potentiels de base, le rééquilibrage entre le sol et la plante au cours d'une période longue de manque de disponibilité en eau, pourrait ne plus être complet chez les individus « nécrosés », on devrait voir les potentiels hydriques de base des individus « nécrosés » se différencier de ceux des individus « sains » et obtenir en fin de nuit des individus « nécrosés » présentant déjà un stress hydrique important, le rééquilibrage des potentiels étant un phénomène nécessitant une durée minimale compte tenu de la vitesse des phénomènes physiologiques en jeu; 3^{ème}) la conductivité hydraulique au niveau de la jonction de greffage, les potentiels et la transpiration pourraient être étudiés avec un pas de temps de mesure inférieur à une heure. Le stress hydrique subit par les individus « nécrosés » 1^{er}) s'exprime au niveau du tronc et des feuilles (potentiels, résistances, transpiration), le problème serait alors d'origine mécanique (qualité du greffage – vascularisation anormale), mais 2^o) s'exprime aussi au niveau des racines (potentiel du xylème - racines des individus « nécrosés » plus négatif que celui des individus « sains »), le problème serait alors celui d'une pathologie avec agent extérieur se mettant en place au moment du greffage. Cette étude pourrait se poursuivre par une étude du métabolisme du carbone: les individus « nécrosés » ayant, en conditions naturelles une résistance stomatique globalement supérieure à celle des individus « sains », devraient présenter, à capacité photosynthétique supposée égale à celle des individus « sains », une entrée nette de carbone inférieure à celle des individus « sains ». On peut penser que le compartiment en priorité affecté par ce manque de carbone est le latex. Enfin, une origine génétique possible des différences existant entre individus « sains » et individus « nécrosés » devrait être étudiée.

Bibliographie

- Dixon M., 2004: *Temperature corrected stem hygrometer*. Instruction Manual, Plant Water Status Instruments, Inc., Guelph, 14p.
- Monteith J.L., Unsworth M.H., 1990: *Principles of environmental physics*. 2nd edition, Edward Arnold, London, 291p.
- Monteny B.A., 1987 : *Contribution à l'étude des interactions végétation - atmosphère en milieu tropical humide. Importance du rôle du système forestier dans le recyclage des eaux de pluies*. Thèse d'Etat, Université de Paris - Sud, Orsay, 170p.
- Nizinski J.J., Dingkuhn M., Clément-Demange A., Fabre D., Clément-Vidal A. et Sainte-Beuve J., 2005 : *Analyse écophysiological de l'eau chez Hevea brasiliensis d'individus sains et d'individus atteints de nécrose corticale dans des plantations en Côte d'Ivoire*, Rapport d'expertise n°CP-SIC1812, CIRAD, Montpellier, 30p.
- Penman H.L., 1948: Natural evaporation from open water balance bare soil, and grass. *Proceedings of the Royal Society*, London, Series A **193**, 120-145.