

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mouloud MAMMERRI de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques
et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

De fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Écologie Forestière,
Option : diversité, fonctionnement et évolution des écosystèmes forestiers.

Thème

**Analyse de la phénologie végétative (débourrement et élongation)
des rameaux de *Acer monspessulanum* à Tala Guilef (Djurdjura
Nord-Ouest)**

Présenté par :

M^{elle} CHERFI Malika

M^{elle} HOCEINI Melia

Devant le jury :

Président : M^{me} KROUCHI F. M.C.A., l'U.M.M.T.O.

Promoteur : M^r AIT SIDHOUM DJ. M.A.A., l'U.M.M.T.O.

Co-promotrice : M^{elle} CHIKHAOUI Z. Doctorante, l'U.M.M.T.O.

Examineurs: M^r AIT SAID S. M.C.A., l'U.M.M.T.O.

Soutenu 2017

Remerciements

Nous voudrions exprimer nos vifs remerciements à :

Notre promoteur M^r Ait SIDHOUM DJAFFER, Maître assistant à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, d'avoir accepté de diriger ce travail.

M^{lle} CHIKHAOUI ZAKIA notre co-promotrice, doctorante à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, qui nous a accompagnés tout au long de notre travail. Acceptez l'expression de nos profondes estime et sincères reconnaissances.

M^{lle} KROUCHI FAZIA, maître de conférences classe « A » à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour avoir accepté de présider notre jury. Ses conseils et orientation tout au long de notre cursus ont été très bénéfiques.

M^r AIT SAID SAMIR, maître de conférences classe « A » au département des sciences Agronomiques de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nos remerciements vont également à M^r MERIBAI YUCEF Directeur du Parc National du Djurdjura, M^r MAHDI ADBELAZIZ chef du secteur de Tala Guilef et à tous les forestiers DA MOUSSA et MOUH AMACHETOUH pour leurs disponibilité lors des nombreuses sorties sur le terrain.

DÉDICACES

C'est avec le sentiment le plus profond de mon cœur que je dédie ce travail à:

- ❖ Mes très chers parents qui m'ont toujours encouragée, soutenue et aidée pendant toute ma carrière d'étude. Que dieu me les gardes toujours en bonne santé.*
- ❖ Mes professeurs;*
- ❖ Ma sœur HOURIA et son mari BAOUZ et leurs enfants Djamila et YANI;*
- ❖ Mes frères et mes sœurs ;*
- ❖ Tous mes amis (es).*

Melia

Dédicaces

Il est agréable le moment de présenter ce travail et d'adresser mes dédicaces à :

- ❖ Ma très chère mère et mon très cher père, que je ne pourrai remercier assez, pour leurs soutiens moral et matériel, leurs compréhension, amour, tendresse, et leurs sacrifices, que Dieu leurs offres la santé.*
- ❖ Mes chers frères ;*
- ❖ Mes chères sœurs ;*
- ❖ A mes neveux et nièces ;*
- ❖ A ma belle sœur Hayet ;*
- ❖ A mes beaux frères ;*
- ❖ A toutes mes amies ;*

A tous ceux que j'aime et qui m'aiment, et ceux qui ont veillé de près ou de loin à l'achèvement de ce travail.

Malika

Liste des figures

Figure 1 : Aire de répartition des érables en Afrique du Nord	5
Figure 2 : Caractères dendrologiques de l'érable de Montpellier	7
Figure 3 : Résumé des principaux effets attendus du changement climatique sur les arbres et les conséquences possibles au sein des communautés	16
Figure 4 : Localisation de la station d'étude sur photos Google Earth.....	17
Figure 5 : Vue générale sur la station d'étude	17
Figure 6 : Différents stades de débournement des bourgeons chez <i>Acer saccharum</i>	18
Figure 7 : Illustration d'une unité de croissance avec deux bourgeons latéraux opposés et un bourgeon terminal	19
Figure 8 : Variabilité interspécifique du débournement dans la station.....	20
Figure 9 : Présence de différents stades de débournement au sein d'un seul rameau	20
Figure 10 : Stades successif de débournement de l'érable observés dans notre station	21
Figure 11 : Illustration de la réalisation des stades successifs de débournement des bourgeons de l'érable de Montpellier selon les arbres	23
Figure 12 : La cinétique de longueur des rameaux terminaux et latéraux par arbre toute exposition confondue.	24
Figure 13 : La cinétique de longueur des rameaux latéraux et terminaux selon l'exposition tout arbre confondu	25
Figure 14 : La cinétique de longueur moyenne des rameaux par arbre toute exposition confondue	28
Figure 15 : La cinétique de longueur moyenne des rameaux latéraux selon l'exposition et l'arbre	30
Figure 16 : La cinétique de longueur moyenne des rameaux terminaux par arbre selon l'exposition.....	30
Figure 17 : La cinétique du diamètre moyen des rameaux latéraux et terminaux	33
Figure 18 : Diamètre moyen des raméaux latéraux et terminaux selon l'exposition.....	34
Figure 19 : La cinétique du diamètre des rameaux latéraux et terminaux par arbre.....	38
Figure 20 : La cinétique du diamètre des rameaux latéraux par arbre selon l'exposition.....	37
Figure 21 : La cinétique du diamètre des rameaux terminaux par arbre selon l'exposition	41
Figure 22 : Boxplot du nombre de paires de feuilles selon le type de rameaux et la date tout arbre confondu	41
Figure 23 :Boxplot du nombre de paires de feuilles des rameaux terminaux et latéraux selon les arbres.	42
Figure 24 : Nombre de paires de samares des rameaux latéraux selon l'exposition pour chaque arbre	43
Figure 25 : Nombre de paires de samares des rameaux terminaux selon l'exposition pour chaque arbre.....	43
Figure 26 : Corrélation entre la longueur et le diamètre.....	43

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les noms vernaculaires d'érable de Montpellier	4
Tableau 2 : Longueur moyenne des rameaux terminaux et latéraux selon la date tout arbre et toute exposition confondue <i>Acer</i>	24
Tableau 3 : Pourcentage de l'accroissement des rameaux terminaux et latéraux à la date initiale par rapport à la date finale selon l'exposition.	25
Tableau 4 : Pourcentage d'accroissement de la longueur des deux types rameaux à la première semaine de Mai (2 et 7) selon l'arbre et toute exposition confondue	26
Tableau 5 : Pourcentage d'accroissement du diamètre entre 13 Mai et le 17 Juillet selon l'exposition	34

Table des matières

Introduction générale	1
Chapitre 1 : Généralité sur l'érable et la phénologie	
1. Introduction.....	3
1.1 Nom vernaculaire de genre <i>Acer</i>	3
1.2. Systématique des érables	3
1.3. Caractéristiques botaniques des érables.....	4
1.4. Exigences de l'érable	4
1.5. Aire de répartition de l'érable dans le monde	4
1.6. Aire de répartition de l'érable en Algérie	5
1.7. Les ravageurs et les maladies de l'érable.....	5
1.8. Utilisation des érables (importance économique)	6
2. L'érable de Montpellier	6
2.1. Caractéristiques morphologiques.....	6
2.2. Aire de répartition d'érable de Montpellier	7
2.3. Principales caractéristiques écologiques.....	8
2.4. Utilisation d'érable de Montpellier.....	8
3. La phénologie	8
3.1. Historique de la phénologie	8
3.2. Phénologie	8
3.3. L'intérêt de la phénologie	9
3.4. Les stades phénologiques	9
3.4.1. La dormance.....	9
3.4.2. Le débourrement	10
3.4.3. La foliation ou feuillaison	10
3.4.4. L'aoûtement	10
3.4.5. La sénescence ou défoliation	10
3.4.6. La période de végétation	11
3.5. Les facteurs qui influent sur la phénologie.....	11
3.5.1. Les facteurs climatiques.....	11
3.5.1.1 La température.....	11
3.5.1.2 La photopériode.....	12
3.5.1.3. Les précipitations	13
3.5.1.4. L'altitude et la latitude	13
3.5.2. Les facteurs endogènes	14
3.5.2.1. Les facteurs génétiques	14
3.5.2.2. Les facteurs hormonaux	15
3.6. Les conséquences des variations phénologiques	15
Chapitre 2 : Matériel et Méthodes	
1. Présentation de la station d'étude	17
1.1. Situation géographique	17
1.2. Description de la station de Djamaa Adharchi	17
2. Méthode d'échantillonnage	18
2.2. Suivi du débourrement.....	18
2.3. Mesure de l'élongation des rameaux d'érable	19
3. Traitement des données.....	19
Chapitre 3 : Présentation des résultats et discussion	
1. Présentation des résultats	19

1.1. Le débourrement	20
1.1.1. Variabilité inter et intra- spécifique	20
1.1.2. Variabilité intra-arbre	20
1.1.3. Réalisation des différents stades de débourrement chez l'érable de Montpellier.....	21
1.2. Dimensions des rameaux de l'érable de Montpellier.....	24
1.2.1. Elongation des rameaux.....	24
1.2.1.1. Longueur moyenne des rameaux terminaux et latéraux selon la date	24
1.2.1.2. L'accroissement des rameaux terminaux et latéraux selon la date et l'exposition tout arbre confondu	24
1.2.1.3. Taux d'accroissement des rameaux entre la date initiale et la date finale	25
1.2.1.4. Longueur moyenne des rameaux terminaux et latéraux selon la date et l'arbre toute exposition confondue.....	26
1.2.1.5. Longueur des rameaux latéraux selon l'exposition et la date par arbre	29
1.2.1.6. Longueur des rameaux terminaux selon la date et l'exposition pour chaque arbre	31
1.2.2 Diamètre des raméaux	33
1.2.2.1. Diamètre des rameaux selon la date tout arbre et exposition confondus	33
1.2.2.2. La cinétique du diamètre des rameaux selon l'exposition tout arbre confondu	34
1.2.2.3. La cinétique du diamètre des rameaux par arbre toute exposition confondues	34
1.2.2.4. La cinétique du diamètre des rameaux latéraux par arbre selon l'exposition	37
1.2.2.5. La cinétique du diamètre des rameaux terminaux selon l'exposition par arbre.....	39
1.2.3. Production de feuilles sur le rameaux.....	41
1.2.3.1. Production de feuilles selon le type de rameau et la date	41
1.2.3.2. Production de feuilles selon le type de rameau et l'arbre toute date confondu	42
1.2.4. Nombre de paires de samares selon l'exposition.....	42
1.2.5 Corrélation entre la longueur et le diamètre des rameaux.....	43
2. Discussion	42
Conclusion générale.....	45
Référence bibliographiques.....	46

Introduction

Depuis leur apparition, les espèces végétales ont subi plusieurs fois des changements climatiques importants causés principalement par des variations de l'orbite terrestre (Hewitt, 2004). Afin de s'adapter aux variations du régime thermique, les plantes ont développé des systèmes de régulation (Differt, 2001).

La phénologie peut contribuer à plusieurs disciplines scientifiques: biodiversité, changement climatique, agriculture, foresterie et santé humaine (Ruml et Vulic, 2005). Elle cherche à saisir la progression temporelle, spatiale et stationnelle de la réapparition de ceux-ci (Malaisse, 1967). Selon Schwartz, (2003) la phénologie c'est " l'étude de la répartition dans le temps des événements biologiques cycliques de la flore ou de la faune qui sont influencés par l'environnement, en particulier par les variations de température conditionnées par le type de climat".

Les études phénologiques peuvent être utilisées à différentes fins. Elles constituent un outil nécessaire pour les améliorateurs (Fady et Vauthier, 1991). De plus, elles enrichissent la connaissance de l'autécologie des essences (Malaisse, 1967; Comps et al. 1987). La comparaison des dates de stades phénologiques donnés à certains paramètres climatiques a permis l'analyse du climat passé (Differt, 2001). Ces observations fournissent une base de données avec laquelle on peut étudier les relations existant entre les variations de divers facteurs (climatiques essentiellement) et le développement des plantes (Galoux et al., 1967 ; Comps et al. 1987).

La phénologie est influencée par des facteurs climatiques, dont les plus importants semblent être les températures hivernales et printanières ainsi que la photopériode, les précipitations (Differt, 2001, Vitasse, 2009, Ben Yahia et *al.*, (2016), des facteurs génétiques tels que la provenance, l'état nutritionnel de l'arbre, le sol (Differt, 2001; Vitasse 2009), des facteurs hormonaux (Nooden et al. 1990, Anderson et al. 2001, Vitasse, 2009).

Fady et *al.*, (1991) ont considéré le débourrement comme est un caractère phénologique très important dans l'étude de la stratégie adaptative des populations forestières et dans le choix des semenciers pour leur régénération.

Nos observations phénologiques sur l'érable de Montpellier ont pour but principal de connaître son comportement dans la station Djamaa Adharchi (region forestière Tala-Guilef, Djrudjura Nord–Ouest). Pour cela nous avons suivi le débourrement des bourgeons latéraux et terminaux d'arbres d'un même site et le rythme d'élongation des rameaux qui en ont découlé. Accessoirement, nous avons aussi comparé les périodes de débourrement de cette espèce avec celle d'autres espèces du même site (cèdre, chêne vert, aubépine, etc.).

Le suivi phénologique de l'érable contribuera à comprendre s'il ya un lien entre le rythme de débourrement et d'élongation des rameaux (latéraux et terminaux) sur les différences de dimensions et de conformation des feuilles trouvées par Chikhaoui (2016) le long de ces unités de croissance.

Notre présent travail est subdivisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre consacré aux généralités sur l'érable de Montpellier et la phénologie ;
- Le deuxième chapitre matériel et méthodes consacré à la description de la station d'étude et de la méthode d'échantillonnage ;
- Le troisième chapitre consacré à présentation des résultats et la discussion ;
- Enfin nous avons terminons par une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre I

1. Introduction :

Le genre *Acer* (érable) regroupe environ de 120 à 150 espèces végétales compris plus de 20 taxons récemment décrits (De Jong, 2002 *in* Khadimi et *al.* 2015) appartenant à la famille des Sapindacées originaires des régions tempérées de l'hémisphère nord principalement des continents américain et asiatique. Ce sont principalement des arbres caducifoliés. On les retrouve dans les jardins, les parcs, les haies, les espaces verts et les forêts.

En Algérie, les *Acer* sont signalés comme essences spontanées (Battandier et Trabut, 1890 *in* Azira, 2001). Leur aire de répartition disloquée, engendre des peuplements discontinus, dans des milieux où la concurrence biotique est souvent déterminante.

Selon Meddour (2010) la végétation de parc national du Djurdjura est de type méditerranéen, elle est composée en majorité de cèdre de l'atlas et chêne vert plus ou moins mélangés selon l'altitude, et on trouve aussi la forêt méditerranéenne d'essence à feuilles caduques dont les principales espèces sont l'érable à feuilles obtus, l'érable de Montpellier, l'érable de Champêtre, etc.

Selon Quezel et Santa (1963), il existe quatre espèces d'érables en Algérie qui sont: *Acer campestre* L., *A. monspessulanum* L., *A. obtusatum* et *A. opalus*. En plus de ces quatre espèces, ils ont signalé la présence d'hybrides d'*Acer monspessulanum* et *A. opalus* (*A. hyrcanum* Faurel et Maire) qui est assez commun dans les cédraies du chélich dans l'Aures.

1.1 Nom vernaculaire de genre *Acer* :

Le genre *Acer* fut cité pour la première fois par Toumefort en 1719. Il a été accepté et repris par Linné en 1735 dans la première édition de son ouvrage « *Generaplantarum* », puis en 1753 où il identifia 9 espèces (De Jong, 1976).

L'origine du nom *Acer* dérive du latin médiéval « *acerabulus* », composé de deux noms *acer* et *abulus*. *Acer* signifie en latin « aigu », il a été probablement attribué aux érables parce que leur bois, dur et droit, servait à faire des hampes de lances à extrémité pointues. Le suffixe *abulus* provient probablement du gaulois et désigne un arbre indéterminé (Couplant, 2012 *in* Chikhaoui, 2016).

1.2. Systématique des érables :

La classification phylogénétique des Angiospermes APG III (2009) donne : Embranchement : Spermatophytes
Sous Embranchement : Angiospermes
Classe : Dicotylédones
Sous classe : Rosidées
Ordre : Sapindales
Famille : Sapindacées
Tribu : *Acereae*
Genre : *Acer* L.

Tableau 1 : Les noms vernaculaires d'érable de Montpellier :

Langue	Noms vernaculaires
Français	Erable
Kabyle	Adharchi (<i>A.monspessulanum</i>) Elkikav (<i>A. obtusatum</i>)

1.3. Caractéristiques botaniques des érables:

Selon Maurice (2015), cet arbre d'une taille assez modeste entre 5 et 12 mètres de hauteur en bonnes conditions, les silhouettes vont de petit arbuste jusqu'aux grands arbres. Les types et les colorations des feuilles sont très variées.

- **Les feuilles** : Elles sont caduques, opposées, vert foncé luisant au-dessus, simples, trilobées avec 03 nervures principales disposées en éventail (nervation palmée), les feuilles sont 4 à 7 cm de largeur prennent à l'automne avant leur chute des couleurs somptueuses.
- **Les fleurs**: Elles sont hermaphrodites; fleurs mâles et des fleurs femelles (polygamie), toujours réunies en inflorescences plus ou moins allongées, groupées en bouquets touffus dressées ou pendantes qui apparaissent avant les feuilles. Elles sont jaunâtres ou verdâtres, régulières, avec 5 sépales soudés à la base et 5 pétales libres caducs.
- **Le fruit**: C'est typiquement une disamare, c'est-à-dire un fruit sec indéhiscent (akène) pourvu de deux ailes dont chaque partie ailée contient une seule graine, la disamare des érables est un fruit simple issu d'une seule fleur dont les deux carpelles sont ailés.
- **L'écorce** : Elle est foncée et fissure avec l'âge, brunâtre, écailleuse et liégeuse.
- **Tronc** : Il est court, souvent garni ; le houppier est arrondi et dense ;
- **Rameaux** : Ils sont opposés, brun clair, légèrement pubescents, avec des crêtes liégeuses plus ou moins prononcées.
- **Bourgeons** : Ils sont petits, ovoïdes, à écailles beiges, velues au sommet (Rameau et *al.*, 2008).

1.4. Exigences de l'érable :

Ces essences se localisent dans la tranche altitudinale comprise entre 600 et 1600 m et reçoivent une pluviosité annuelle variant de 800 à 1500 mm/an (Azira, 2001). Les moyennes des températures maximales du mois le plus chaud et minimales du mois le plus froid sont voisines. Le genre *Acer* est une essence de pleine lumière (héliophile) et ne supporte pas l'ombre. Il pousse sur des sols squelettiques alcalins (PH basique à neutre), riches en calcaire et sur des sols superficiels de forte pente ou des sols plus épais avec un horizon d'altération. Ils sont indifférents à la nature de la roche mère (Azira, 2001).

1.5. Aire de répartition de l'érable dans le monde :

Selon De Jong (1976) les espèces d'érables se trouvent dans de nombreux types de climats et de paysages en Europe Nord, en Asie (Indonésie et philippines) et particulièrement en Chine qu'est considéré comme le centre de la diversité des érables, en Amérique du Nord et dans la région tropicale de l'Amérique centrale ainsi qu'en Afrique du Nord.

1.6. Aire de répartition de l'érable en Algérie :

En Algérie, les érables sont signalés comme des essences spontanées, à répartition géographique disloquée. Ce sont des essences de Méditerranée orientale et occidentale. Ils constituent des peuplements discontinus localisés essentiellement dans les montagnes du Nord (Azira, 2001).

Acer obtusatum se retrouve essentiellement dans les Babor, Djurdjura, Mouzaia Tlemcen et le Zaccar (Quezel et Santa, 1962) ;

Acer monspessulanum L. existe dans les Babor, Mouzaia, Djurdjura, Tlemcen, Aurès (Quezel et Santa, 1963).

Acer campestre est présent dans certaines stations du Djurdjura où il forme des bouquets ou en individus isolés et dans les babor (Quezel et Santa, 1962).

Acer opalus se rencontre sur le massif des Babors, les Aurès et le Djurdjura où il est rare (Quèzel et Santa, 1962).

Les érables s'accroissent dans les étages bioclimatiques sub-humides, humides et per-humide. Dans les milieux où elles se trouvent ; les formations à érables se situent dans les transitions entre les étages méso-méditerranéen et supra-méditerranéen.

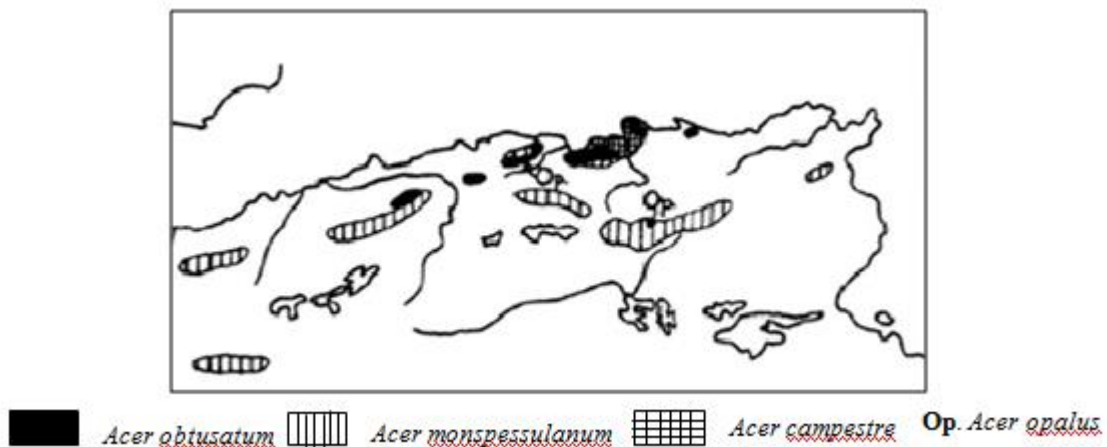


Figure 1 : Aire de distribution des érables en Afrique du Nord (Quèzel et Santa, 1962).

1.7. Les ravageurs et les maladies de l'érable :

Les attaques du champignon *Rhytisma acerinum*, qui provoque l'apparition de taches rondes sombres avec un bord clair sur les feuilles, sont souvent plus spectaculaires que dangereuses. D'autres agents comme les pucerons et des insectes défoliateurs *Lymantria*, *Operophtera* ou foreurs, *Cossus Xyleborus* peuvent parfois être observés.

La «maladie de la suie» est causée par un champignon *Cryptostroma corticale* dont les spores sont susceptibles de provoquer des allergies chez l'homme. Cette maladie, favorisée par des périodes chaudes, provoque des dessèchements d'écorce et peut entraîner la mort de l'arbre.

1.8. Utilisation des érables (importance économique) :

Les érables sont des arbres forestiers qui produisent un bois apprécié. Leur bois est clair, presque blanc à légèrement brun, satiné, finement maillé, à grain fin et homogène qui donne un beau poli, assez dense et dur (plus léger et tendre pour les érables rouge et argenté), il est apprécié en ébénisterie, sous forme de bois massif ou de placages figurés, ondés ou mouchetés, provoqués par des fibres sinueuses. Les sujets ondés sont très recherchés utilisés en décoration et en lutherie (violon, violoncelle, guitare, etc.).

2. L'érable de Montpellier :

L'érable de Montpellier (*Acer monspessulanum*) appartient à la famille des Sapindacées, comme tous les autres érables. On le nomme parfois « Azerou » et plus rarement « Agas » (Rameau et al., 2008).

2.1. Caractéristiques morphologiques:

Acer monspessulanum est une essence forestière endémique menacée d'extinction avec une répartition large mais fragmentée dans les montagnes méditerranéennes (Mechergui et al., 2016).

C'est un feuillu de taille moyenne, arbre ou arbuste densément ramifié qui atteint une hauteur de 10 à 15 m (rarement 20 m) (Fontaine, 2011 in Khademi, 2015).

Le tronc va jusqu'à 75 cm de diamètre, avec une écorce lisse et gris foncé sur les jeunes arbres, finement fissuré sur les vieux arbres. De tous les érables, l'érable de Montpellier est le plus facile à reconnaître grâce à ses feuilles à lobes, 3-6 cm de longueur à 3 lobes arrondis égaux (Rameau et al., 2008).

Les bords des lobes ne sont pas dentés, toute la feuille est presque entièrement glabre ; quelques rares poils existent parfois sur la face inférieure vert foncé brillant, parfois un peu coriace, et avec une marge lisse, avec un pétiole de 2 à 5 cm. Les feuilles tombent très tard en automne, généralement en novembre (Rameau et al., 2008).

Les rameaux sont jeunes, opposés, glabres à lenticelles. Cette essence possède des petits bourgeons allongés, bruns à écailles pubescentes, le bois est très dur et de teinte rougeâtre (Rameau et al., 2008).

C'est un arbre monoïque et polygame, il fleurit en avril avant-mai et l'éclosion des fleurs précède de peu l'apparition des feuilles. Les fleurs longuement pédicellées sont pendantes, groupées en bouquets touffus. Sa pollinisation est effectuée par les insectes et la dissémination des samares par le vent (Maurice, 2015). Les fruits sont des samares glabres, elles sont au nombre de deux à ailes quasi parallèles et présentent des coques très convexes (Rameau et al., 2008).



Figure 2 : Caractères dendrologiques de l'érable de Montpellier (Clichés, 2017).

2.2. Aire de répartition d'érable de Montpellier:

Les érables sont des espèces endémiques de centro-méditerranéens à aire de répartition restreinte et la plupart se rencontre aux étages supra et montagnard méditerranéens, mais certains ont une extension altitudinale plus vaste (exp: *A. monspessulanum* et *A. sempervirens*) et existent dès le méso-méditerranéen (Quézel et al., 2003).

Acer monspessulanum, existe dans les Babor, Mouzaia, Djurdjura, Tlemcen, Aurès, au niveau d'Atlas Marocain et en Tunisie (Quezel, et Santa, 1963).

Maire, 1926 in Azira, 2001a cité ces essences d'érables dans les groupements à chêne zéen des régions les plus arrosées et les plus froides.

Selon Abdessemed (1981), *Acer monspessulanum* est situé en bioclimat sub-humide supérieur froid à humide froid au Chélia (les Aurès).

Selon Yahi, 2007 ces essences sont rencontrées dans les cédraies mixtes du Djurdjura oriental au niveau de l'étage supra- méditerranéen.

Quézel et Santa (1963) signalent l'existence de deux sous-espèces en Algérie:

Acer monspessulanum sub sp. eu monspessulanum;

Acer monspessulanum sub sp. Marini.

2.3. Principales caractéristiques écologiques :

L'érable de Montpellier est une espèce héliophile, mésoxérophile et xérophile (Rameau *et al.*, 2008). Il se trouve à 1200-1300 m d'altitude, en bioclimat per-humide frais, sur des substrats calcaires.

Sur le Djabel el Meddad, où existe *Acer monspessulanum*, la pluviométrie annuelle est de 790 mm à 1500 m d'altitude et de 940 mm à 1787 m d'altitude. Sur le massif du Djurdjura, les formations à *Acer* reçoivent une pluviosité annuelle variant de 1264 mm à 1579 mm respectivement à 1450 et 1900 m d'altitude. Dans les Babors ces espèces reçoivent une pluviosité comprise entre 800 et 2000 mm (Azira, 2001).

Selon Quézel (1956) *in* Azira (2001), dans les forêts de cèdre du Djurdjura et des Babors, que l'on considère comme relativement primitives, l'*Acer monspessulanum* est associé à de nombreuses autres espèces notamment *Taxus baccata*, *Ilex aquifolium*, *Acer obtusatum*, *Acer campestre* mais elles sont rares.

2.4. Utilisation d'érable de Montpellier:

A. monspessulanum joue un rôle très important dans la détermination des fonctionnements des écosystèmes forestiers dans des terres semi-arides. Il est également utilisé pour son bois de qualité très élevée (instruments de musique, tournière, menuiserie, marqueterie et bois de feu), en médecine et comme nourriture en raison de la texture robuste et de la teneur élevée en acide chlorogénique, tanin, flavonoïdes, et l'huile dans les graines (Ma *et al.*, 2005 *in* Mechergui *et al.*, 2016 et Rameau *et al.*, 2008).

3. La phénologie

3.1. Historique de la phénologie:

Historiquement, la phénologie moderne des plantes est née grâce aux travaux du français René Antoine Ferchault de Réaumur (1683-1757) et de Carl von Linné (1707-1778). Carl von Linné contribua à élever la botanique au niveau d'une science distincte de la médecine et créa des calendriers de floraison pour différentes régions de Suède en relation avec les conditions climatiques précises de ces zones.

Tandis que René Antoine Ferchault de Réaumur publia en 1735 des travaux sur la maturité des céréales qui ont donné naissance à la phénologie moderne des plantes (Réaumur, 1735).

Le champ d'étude de la phénologie consiste à enregistrer, dans le temps, le retour des étapes de croissance et de développement des êtres vivants et à étudier les facteurs qui l'influencent (Défila et Clot, 2000 *in* Differt, 2001).

3.2. Phénologie

La phénologie, dont l'origine étymologique est phénoménologie, a dérivé du mot grec "phaino" avoir l'intention de montrer ou paraître (Rathcke et Lacey, 1985 ; Sanjay *et al.*, 2011), désigne au sens large, l'ensemble des particularités morphologiques du cycle de développement d'un végétal, avec mention des époques de l'année correspondantes. Elle étudie les relations entre phénomènes climatiques et caractères morphologiques externes du développement annuel des végétaux (Malaisse, 1967, Galoux *et al.*, 1967, Delpech *et*

al.,1985). Elle cherche à saisir la progression temporelle, spatiale et stationnelle de la réapparition des végétaux (Malaisse, 1967).

Selon Schwartz (2003) la phénologie c'est " l'étude de la répartition dans le temps des événements biologiques cycliques de la flore ou de la faune qui sont influencés par l'environnement, en particulier par les variations de température conditionnées par le type de climat".

La phénologie a de fortes implications dans la valeur sélective d'un individu car, de sa coordination avec le climat dépend l'optimisation des performances végétatives et reproductrices (Rathcke et Lacey 1985 ; Kikuzawa 1995 *in* Vitasse, 2009).

3.3. L'intérêt de la phénologie :

La phénologie est un paramètre essentiel pour la compréhension du fonctionnement des écosystèmes forestiers et en particulier pour la croissance des arbres. C'est notamment un outil de suivi de l'adaptation des végétaux aux changements climatiques.

Les observations phénologiques fournissent une base de données avec laquelle on peut étudier les relations existant entre les variations de divers facteurs (climatiques essentiellement) et le développement des plantes (Galoux *et al.* 1967, Comps *et al.* 1987).

Les observations phénologiques constituent des données très importantes pour les améliorateurs (choix des provenances selon la précocité ou la tardiveté du débourrement), et font partie des éléments de la connaissance de l'autécologie des essences (Malaisse, 1967).

Elles sont parmi les indicateurs les plus pertinents pour juger de la manière dont les espèces répondent à leur milieu (Lebourgeois *et al.* 2008).

Elles sont également un des éléments clés pour la modélisation des bilans hydriques des peuplements (Lebourgeois *et al.*, 2002).

3.4. Les stades phénologiques :

Chez les arbres, deux phases phénologiques se produisent au cours d'une année, phase phénologique reproductrice (formation des bourgeons floraux, floraison, durcissement du fruit, dispersion des graines), et phase phénologique végétative (croissance végétative et développement des feuilles) (Orshan, 1989 *in* Vitasse, 2009). Elle s'étend du stade moyen de la foliation (débourrement) au stade moyen où les feuilles sont jaunes (Malaisse, 1964).

Afin de pouvoir identifier les variations dans le temps, il est nécessaire de définir exactement les phénomènes auxquels on s'intéresse. Ces phénomènes s'appellent "stades phénologiques" (Ulrich, 1997).

Chez les arbres, les dates de débourrement végétatif (mise en place des feuilles au printemps) et de sénescence (jaunissement et chute des feuilles ou des aiguilles en automne) déterminent la durée de la période de végétation (Lebourgeois et Godfroy, 2006).

Pour les essences forestières, la date de sortie des feuilles est un caractère essentiel à prendre en compte car elle est considérée comme un critère d'adaptation majeur.

3.4.1. La dormance :

« La dormance est l'arrêt temporaire de croissance visible de toute structure de la plante contenant un méristème » (Lang *et al.* 1987 *in* vitasse, 2009). Selon Derory (2005) la dormance est une stratégie de survie qui permet à la plante de subsister durant des périodes

défavorables à la croissance, c'est le mécanisme principal par lequel les végétaux survivent aux conditions environnementales défavorables et synchronisent ainsi leur croissance avec l'environnement.

3.4.2. Le débourrement

On appelle débourrement, l'épanouissement des bourgeons. Les auteurs considèrent généralement qu'un bourgeon est débourré lorsqu'il est ouvert, et qu'il laisse entrevoir les jeunes feuilles ou aiguilles. Le débourrement correspond au stade où les bourgeons, éclatés, laissent entrevoir à leur sommet les jeunes feuilles encore plissées (Malaisse, 1964).

Selon Derory (2005), le débourrement est une étape importante du rythme biologique de l'arbre contribuant à une synchronie vis-à-vis des conditions du milieu et à la protection contre certains prédateurs, tels que les insectes défoliateurs.

Fady *et al.*, (1991) considèrent le débourrement comme est un caractère phénologique très important dans l'étude de la stratégie adaptative des populations forestières et dans le choix des semenciers pour leur régénération. Ce phénomène étant essentiellement déterminé par la température, on considère souvent qu'une certaine somme de températures est nécessaire pour qu'il se réalise.

La précocité du débourrement est souvent très liée à la dormance car cette dernière n'est pas toujours levée (Differt, 2001).

3.4.3. La foliation ou feuillaison :

La foliation est un processus permettant l'apparition et le développement du feuillage, depuis le bourgeon dormant jusqu'à la feuille adulte (Comps *et al.*, 1987). La sénescence foliaire, ainsi que la date de débourrement, est donc un événement essentiel pour la fitness de la plante puisque ce processus permet la remobilisation des nutriments contenus dans les feuilles (Lim *et al.*, 2007 *in* Vitasse, 2009).

3.4.4. L'aoûtement :

Selon Louvieux (2004), l'aoûtement se traduit visuellement par un changement d'aspect des rameaux, ceux-ci perdent leur couleur verte et s'imprègnent de lignine. Il consiste en une accumulation de réserves glucidiques (en particulier de l'amidon) dans les parties ligneuses de la plante. Cette phase de stockage permet à la plante d'assurer sa pérennité. Cette accumulation commence pendant la maturation des fruits et se poursuit tant que les feuilles sont vivantes et ne sont pas vidées de leurs substances élaborées.

3.4.5. La sénescence ou défoliation :

La fin de la période de végétation est marquée par une période de sénescence du feuillage. Il s'agit d'un processus débutant par l'apparition de la coloration automnale, et aboutissant à la chute des feuilles ou des aiguilles. Ce sont des phénomènes particulièrement variables d'un individu à l'autre, mais variant aussi pour l'ensemble de la cime d'un individu (Malaisse, 1964).

La sénescence foliaire est un processus important qui permet de remobiliser progressivement les nutriments des feuilles au cours de leur dégradation (Keskitalo *et al.*, 2005).

3.4.6. La période de végétation :

La période de végétation a été définie de multiples façons selon les tendances auxquelles appartenaient ceux qui l'étudiaient. Comps et *al.*, (1987) la définissent comme étant la période photo-synthétiquement active. Selon Differt (2001) elle peut être considérée comme l'expression d'une valeur climatique.

3.5. Les facteurs qui influent sur la phénologie :

La phénologie est influencée par des facteurs endogènes et exogènes, dont les plus importants semblent être les températures hivernales et printanières ainsi que la photopériode, les précipitations (Differt, 2001, Vitasse, 2009, Ben Yahia et *al.*, 2016) et des facteurs génétiques tels que la provenance, l'état nutritionnel de l'arbre et le sol (Differt, 2001; Vitasse 2009).

Les changements climatiques provoquent l'avancement des événements phénologiques printaniers, mais aussi des conditions de croissance de l'année précédente ou des conditions météorologiques des derniers mois, les facteurs climatiques étant responsables des variations interannuelles de la phénologie à l'échelle de quelques décennies.

En règle générale, c'est le facteur climatique le plus limitant qui contrôle les variations interannuelles : les précipitations dans les régions semi-arides, et les températures dans les régions froides.

3.5.1. Les facteurs exogènes :

Le climat, en particulier la température et les précipitations, peut modifier la phénologie des plantes (Lebourgeois et Godfrey, 2006).

3.5.1.1 La température :

La température joue un rôle fondamental en région tempérée : la reprise de l'activité des arbres, au printemps, et leur sénescence, en automne, sont corrélées respectivement avec une augmentation et une diminution de la température.

Les travaux de Becker (1977) aboutissent par ailleurs à la conclusion qu'une sécheresse d'été entraîne un retard important au débourrement suivant pour les sapins.

Elle influe notablement sur le début et la durée de chaque phénophase et peut accélérer ou retarder le développement (Bottlikova, 1974 *in* Courbet, 1981). Elle est considérée comme le principal facteur climatique conditionnant l'apparition du débourrement.

Une augmentation de 1°C pendant cette période se traduit par une précocité de 2 à 5 jours environ. Les modèles globaux permettent de prédire avec une précision de 8, 10 et 12 jours les trois phases considérées (débourrement, jaunissement et longueur de la saison de végétation (Lebourgeois et *al.*, 2008).

- **Influence de la température sur la dormance :**

Les températures (froides en hiver et clémentes au printemps) et la photopériode, jouent un rôle majeur sur la date de réalisation de la levée de dormance (Ricard, 2014), de la mise en place des feuilles, mais ce rôle peut varier entre les essences (Lebourgeois et *al.*, 2002).

- **Influence de la température sur le débournement :**

La température de l'air est considérée comme le principal facteur climatique conditionnant l'apparition du débournement. Lorsque le froid a levé la dormance, les bourgeons ont besoin de chaleur pour évoluer et débourrer, le débournement est particulièrement sensible à la hausse thermique printanière (Differt, 2001).

Dans de nombreuses expériences, les arbres qui reçoivent le plus de froid (température généralement voisine de 4°C) pour lever la dormance sont ceux qui débourrent le plus tôt, une fois exposés à des températures plus chaudes (Nienstaedt, 1966 in Differt, 2001).

- **Influence de la température sur la sénescence :**

Des expériences sur de jeunes érables planes (*Acer platanoides*) montrent que la sénescence est d'autant plus rapide que la température du milieu est basse, à la même date, les plants soumis à une température de 10°C sont à un stade final de sénescence, tandis que ceux soumis à 18°C ne montrent pas de signe de sénescence (Westergaard et al. 1997).

- **Influence de la température sur la durée de la saison de végétation**

En influant sur les dates de débournement et de sénescence, la température modifie la durée de la saison de végétation. Kramer (1994, 1995) a montré une diminution de la durée de la saison de végétation pour le chêne pédonculé, car les dates de feuillaison et de chute des feuilles étaient plus précoces, pour de plus hautes températures hivernales et estivales respectivement. Pour le Hêtre, la saison de végétation apparaît plus longue en liaison avec un débournement plus précoce sans changement de date de sénescence.

3.5.1.2 La photopériode

Le photopériodisme est un facteur déterminant pour la mise à fleur et l'abscission des feuilles et indirectement pour la croissance végétative, du fait d'un certain antagonisme entre le développement floral et cette croissance (Mure, 1986).

Kramer (1994) a montré que pour le hêtre, la photopériode joue un rôle complémentaire par rapport à la température mais son effet est plus difficile à comprendre et à modéliser. Comps et al. (1987) ont analysé le déterminisme de la date de débournement du hêtre en Aquitaine. Leurs résultats suggèrent que sa foliation est plus sensible au « nombre de jours », donc à la photopériode.

La réponse à une température donnée d'induction du débournement « forcing température », dépend de la photopériode que subissent les bourgeons : plus la photopériode est longue, plus la température nécessaire au débournement est basse (Differt, 2001).

Les plants de haute altitude débourrent significativement plus tôt en jours longs qu'en jours courts (jusqu'à 18 jours de différence), tandis qu'il n'existe pas de différence significative pour les plants de basse altitude (Differt, 2001).

Pour les plantes sous le lit de neige le début de développement reproductif n'a pas été lié directement à la date de fonte de neige, mais plutôt à l'apport d'énergie cumulative. De plus, le photopériodisme peut contribuer aussi au contrôle du développement des plantes à travers l'ajustement temporel de la phénologie jusqu'à la floraison (Karl et al., 2006).

- **Influence de photopériode sur le débourrement**

Contrairement à la température, qui représente un facteur écologique influençant directement les réactions métaboliques, la lumière intervient surtout par sa rythmicité nyctémérale. Pour le Hêtre, différents travaux suggèrent que la photopériode joue un rôle essentiel en fin d'hiver et au début du printemps et que, par la suite, c'est la température qui détermine la mise en place des feuilles (Comps *et al.*, 1987).

Les expériences indiquant une influence de la photopériode sur le débourrement ont surtout été effectuées sur de jeunes arbres. Un allongement de la photopériode de 10 minutes par jour hâte le débourrement de clones d'épicéa, tandis qu'une diminution de la photopériode de 10 minutes par jour retarde le débourrement et empêche le développement ontogénique (Partanen *et al.*, 1998 *in* Differt, 2001).

- **Influence de la photopériode sur la sénescence**

Le début de la sénescence du feuillage fait appel à un ensemble complexe de facteurs, parmi lesquels la photopériode joue sans doute un rôle important. D'après Galoux *et al.*, (1967), la plupart des auteurs pensent que la coloration automnale des feuilles est liée aux jours courts.

3.5.1.3. Les précipitations :

Le déficit hydrique a tout d'abord un effet sur l'année même de son établissement : il induit une baisse de la vitesse de croissance et un arrêt précoce de l'élongation. Il en résulte une diminution notable de la longueur finale de la pousse annuelle (Finkelstein, 1981). Pour les espèces méditerranéennes, Kramer *et al.*, (2000) ont montré que la phénologie est contrôlée principalement par la disponibilité en eau car celle-ci affecte fortement le développement de la surface foliaire.

- **Influence de la précipitations sur le débourrement :**

Les travaux de Becker (1977) sur de jeunes plants de sapin pectine, de sapin de Nordmann et de sapin de Numidie aboutissent à la conclusion qu'une sécheresse d'été entraîne un retard important au débourrement suivant, pouvant atteindre 15 jours. Cependant, une restitution d'automne diminue ce retard: les pluies d'automne sont donc très importantes pour une bonne mise en condition physiologique des plants.

- **Influence de la précipitations sur la sénescence**

L'apparition des feuilles est liée significativement à l'augmentation des précipitations, couplée à celle de la température. Les plantes se développent alors durant les périodes humides et répondent à une condition de sécheresse en perdant leurs feuilles. Elles réagiraient donc soit en retardant la défeuillaison (allongeant la durée de feuillaison) lors des années humides soit en avançant celle-ci (diminuant la durée de feuillaison) en cas des années sèches (Rasamimanana *et al.*, 2012).

3.5.1.4. L'altitude et latitude :

Les différentes modélisations ont montré que la latitude et l'altitude jouent toutes les deux un rôle clé et surtout dans les processus de débourrement printanier. Ils prennent en

compte indirectement la satisfaction d'une partie de ces besoins car ces deux paramètres intègrent des gradients climatiques. Véronique(1986) a montré qu'au fur et à mesure que la latitude augmente, la floraison a lieu en début puis en fin de période feuillée.

L'altitude a un effet intégrateur de tous les paramètres (température, amplitude thermique, ensoleillement, etc., et influe sur les cycles phénologiques à travers une modification du régime thermique hivernal mais également à travers le photopériodisme (Lebourgeois et Godfrey, 2006).

L'altitude a un effet intégrateur de tous les paramètres (température, amplitude thermique, ensoleillement etc.). Son effet est toujours « négatif » sur les phénophases car une augmentation d'altitude retarde le cycle de développement des arbres (Lebourgeois, 2006).

Les effets de l'altitude sont de l'ordre 2,7 jours par degré sur les données d'*Acer saccharum* (Richardson et al., 2006 in Lebourgeois et al., 2008).

- **Influence de l'altitude et de la latitude sur le débourrement :**

Le gradient phénologique altitudinal a été estimé à un retard d'un peu plus de 2 jours par 100 m d'altitude et de 3 jours sur la longueur de la saison de végétation (placettes de feuillus uniquement) (Lebourgeois et Godfroy, 2006), à l'échelle macroclimatique, la latitude influe sur les dates de débournement et de sénescence.

Un gradient altitudinal exprime, en grande partie, la diminution de la température en contexte montagnard qui correspond à une diminution moyenne de 0,5°C de la température moyenne annuelle par 100 m d'élévation (Lebourgeois et al., 2008).

- **Influence de l'altitude et de la latitude sur la sénescence :**

Kramer (1995) a étudié les dates de feuillaison et de chute des feuilles de clones de diverses espèces selon un gradient latitudinal. Il a montré que les dates de feuillaison et de chute des feuilles étaient plus précoces, pour de plus hautes températures hivernales et estivales, respectivement.

- **Influence de l'altitude et de la latitude sur la période de végétation:**

Plus on monte en latitude plus la température est basse et plus la période de végétation est courte. Cette relation est très semblable à celle de l'altitude. Kramer (1994) a noté que du sud au nord des Pays-Bas, la date d'individualisation des feuilles de hêtre est plus tardive de 2,8 jours par degré de latitude.

La latitude influencerait donc les cycles phénologiques à travers une modification du régime thermique hivernal mais également à travers le photopériodisme ou la longueur du jour (Lebourgeois et Godfroy, 2006).

3.5.2. Les facteurs endogènes :

3.5.2.1. Les facteurs génétiques :

Les dates de débournement des bourgeons, sont des événements sous contrôle génétique et un grand nombre d'études menées sur des tests de provenances ont mis en évidence que la date de débournement est un caractère qualifié de modéré à hautement héritable (Vitasse, 2009).

Les provenances ont pu s'adapter différemment selon les conditions écologiques de leur lieu d'origine, de manière à « optimiser leur date de débourrement » (Campbell et Sugano 1979 *in* Fady, 1991).

Les provenances de douglas répondent différemment chaque année : les dates de débourrement tendent à se regrouper les années où le débourrement est précoce, et s'écartent quand il devient tardif (White *et al.*, 1979 *in* Differt, 2001).

Les provenances d'érable sycomore débourrent dans un ordre strictement conforme à celui des peuplements parentaux (Galoux, 1966 *in* Differt, 2001).

Les tests de provenances montrent une forte héritabilité des dates qui marquent la fin de saison de croissance des arbres, souvent assimilées au bourgeonnement qui se produit à la fin de l'été (Vitasse, 2009).

3.5.2.2. Les facteurs hormonaux :

Les hormones influencent indirectement les dates de floraison et d'apparition des feuilles via la régulation de la dormance (Anderson *et al.* 2001). Les deux principales hormones impliquées dans la dormance sont les gibbérellines et l'acide abscissique « ABA » (Vitasse, 2009).

La levée de dormance des bourgeons pourrait être associée à une augmentation de la concentration en gibbérellines (Anderson *et al.*, 2001).

En 1964, l'acide abscissique (ABA) est désigné sous le nom de « dormine » en raison de son rôle dans la dormance des bourgeons de l'érable sycomore.

Les cytokines sont principalement synthétisées dans les racines et sont transportées dans le reste de la plante via le xylème. Il a été montré que la concentration de cytokines dans la sève brute diminuait au début de la sénescence (Nooden *et al.*, 1990).

Des études ont montré par ailleurs que l'application externe de cytokines sur les feuilles des plantes entraîne un retard de la sénescence pour la plupart des espèces testées (Van Staden *et al.*, 1988).

3.6. Les conséquences des variations phénologiques :

Les dates de floraison et de maturation des fruits des arbres contribuent au succès reproducteur de l'individu et donc à la pérennité de sa descendance, et sont donc fortement soumises à la sélection naturelle. Cependant, la relation entre la performance d'un individu et sa phénologie est très complexe et l'individu doit alors ajuster au mieux sa phénologie sous la contrainte de facteurs d'ordre climatique et biotique.

Les dates de débourrement et de sénescence foliaire, quant à elles, contrôlent la durée du cycle végétatif et par conséquent la croissance des individus, ce qui a souvent des conséquences sur la survie et la reproduction.

- La phénologie du feuillage et ses variations jouent un rôle primordial dans les échanges de carbone entre l'écosystème et l'atmosphère (Kramer *et al.*, 2000)
- La phénologie contribue à des modifications de distribution et d'abondance des espèces dans les communautés.
- Les modifications phénologiques pourraient entraîner des évolutions génétiques entre les générations induisant des réponses évolutives très rapides au réchauffement global actuel (Bradshaw et Holzapfel, 2001).

- Les modifications phénologiques des arbres ne vont pas seulement augmenter leur saison de croissance mais aussi affecter leur fitness (Penuelas et Filella, 2001).
- L'avance prédite des événements phénologiques printaniers comme la floraison chez les plantes, pourrait entraîner des problèmes de synchronisation avec la période d'activité de leurs pollinisateurs, entraînant une diminution de leur taux de reproduction, à l'inverse cette avance printanière pourrait augmenter la fitness de certaines plantes par désynchronisation du cycle de leurs parasites hôtes (Visser et Holleman, 2001).
- Ces décalages phénologiques devraient avoir des impacts importants sur les relations interspécifiques, trophiques ou autres, les communautés seraient ainsi profondément impactées.

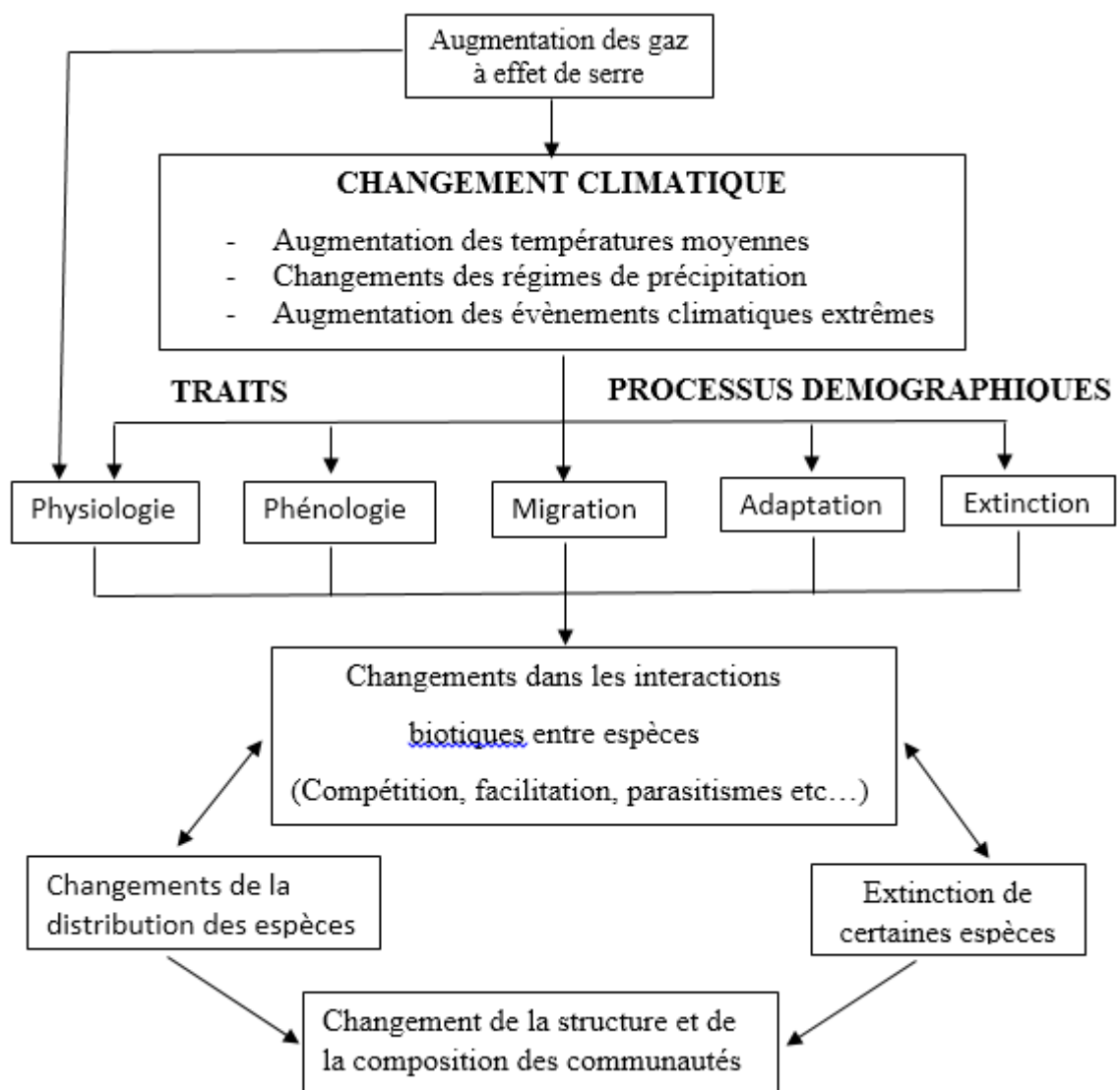


Figure3: Résumé des principaux effets attendus du changement climatique sur les arbres et les conséquences possibles au sein des communautés (Vitasse, 2009).

Chapitre II

1. Présentation de la station d'étude

1.1. Situation géographique:

La station de Djamaa Adharchi fait partie de la forêt de Tala Guilef située sur le versant Nord du Parc National du Djurdjura. Elle est localisée dans les latitudes 36°28'12.89" Nord et longitude 03°59'48.51" Est. Cette station est à une altitude de 1290 m et d'orientation nord Est (figure 4).



Figure 4: Localisation de la station d'étude sur photos Google Earth, 2017.

1.2. Description de la station de Djamaa Adharchi:

La station est un replat du piedont des grands escarpements rocheux du massif de Haizer située à 1290m en exposition Nord-Est. La pente y est moyenne de 10 à 15 %, en contre bas, pour augmenter au fur et à mesure et devenir abrupte en montant vers le massif de Haizer. La station est une formation ouverte avec une présence d'éléments arborescents épars où domine *Acer monspessulanum*, en mélange avec *Crateagus monogyna*, *Prunus prostrata*, quelques pieds de *Quercus ilex*, de *Juniperus oxycedrus* et de *Cedrus atlantica* (figure 5).

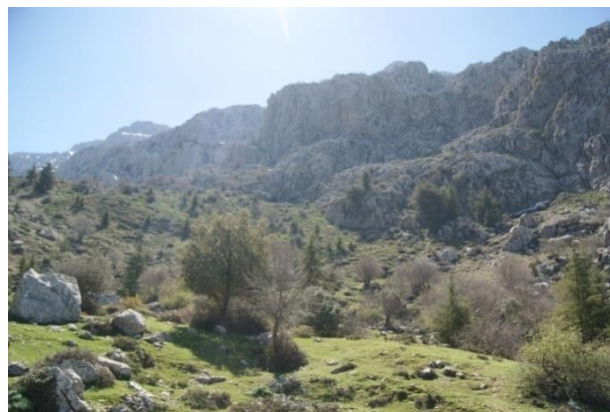


Figure 5 : Vue générale sur la station d'étude (Mars, 2017).

2. Méthode d'échantillonnage:

Nous avons effectué plusieurs sorties sur le terrain, et un choix aléatoire a été effectué sur 19 pieds d'érable de Montpellier (*Acer monspesulanum*), 4 Chênes vert (*Quercus ilex*), 07 cerisiers prostrés (*Prunus prostrata*) et 5 pieds d'Aubépine (*Crateagus monogyna*).

Notre travail sur le terrain s'est scindé en deux parties, la première partie a consisté à noter les stades de débourrement des quatre espèces citées, et la deuxième partie a été consacrée à l'observation et aux mesures des dimensions et au comptage des feuilles et samares sur les rameaux après le débourrement.

2.1. Suivi du débourrement :

Les observations ont été réalisées du 30 Mars jusqu'à la dernière semaine de mois d'Avril. Pour cela nous avons utilisé un appareil photo pour photographier les différents stades du bourgeon.

Afin d'observer et noter les différents stades phénologiques, nous avons adopté l'échelle phénologique de Kriebel et Wang (1962) pour l'érable à sucre (*Acer saccharum*) (figure 6).

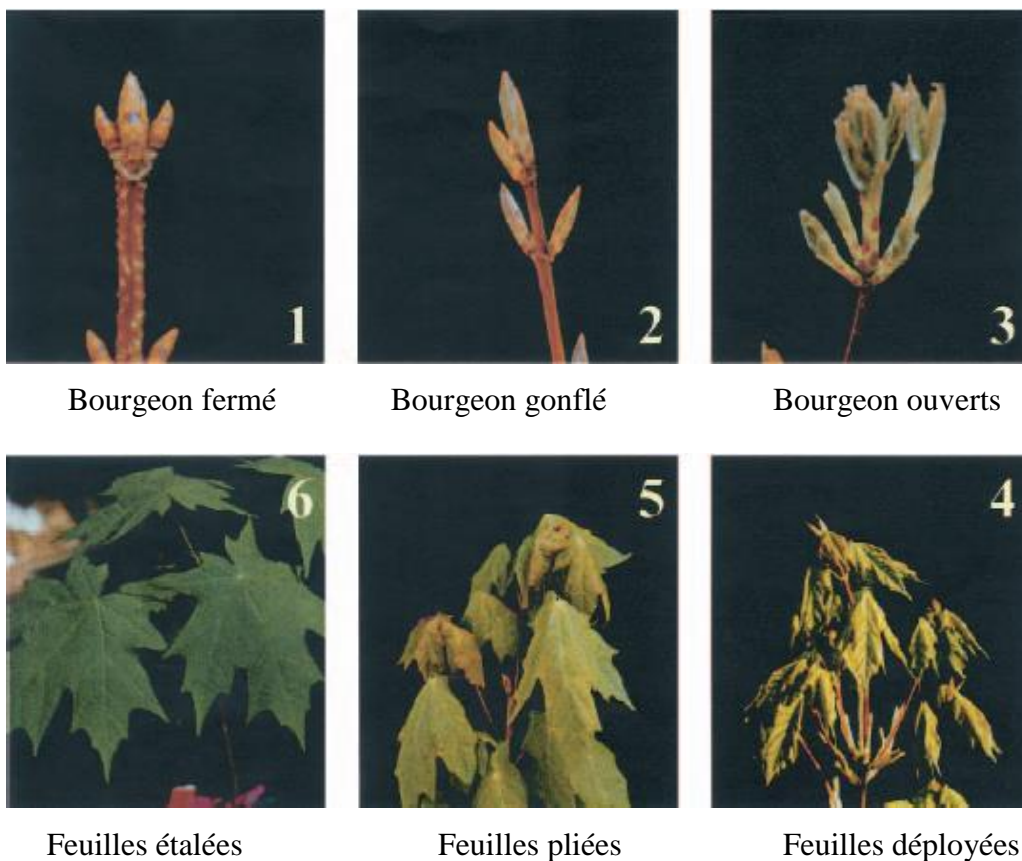


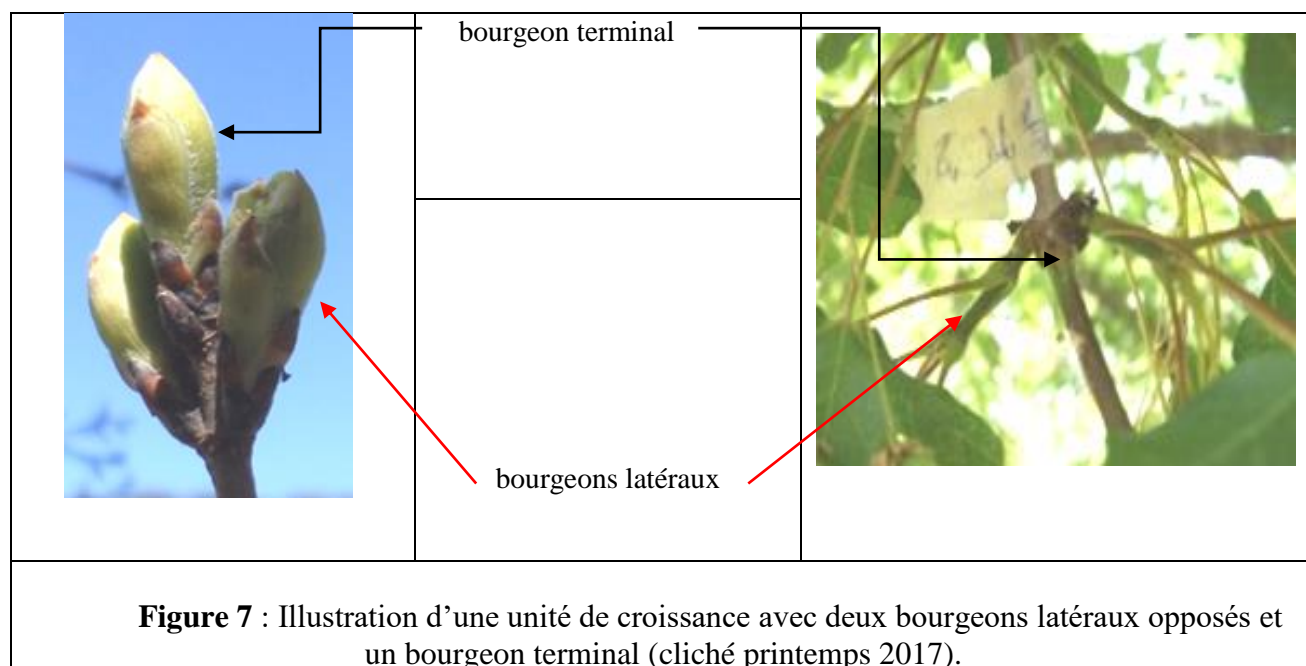
Figure 6: Différents stades de débourrement des bourgeons chez *Acer saccharum* (Norbi et al., 2003).

2.3. Mesure de l'élongation des rameaux d'érable :

Après débourrement des bourgeons, nous avons suivi l'élongation des rameaux. Pour cela nous avons échantillonné sur les branches basses des 19 arbres de *A. Monspessulanum*, 2 unités de croissance par orientation dont chacune comporte deux rameaux latéraux et un rameau terminal (figure 7).

Nous avons ensuite mesuré avec le pied à coulisse deux paramètres à savoir l'élongation des rameaux (L_{ng}) et leur diamètre (D). Nous avons noté également le nombre de paire de feuilles (NPF) et le nombre de paires de samares (NPS) sur chaque rameau et cela du 02 Mai au 17 Juillet à des intervalles allant de 7 à 10 jours.

Il faut néanmoins noter qu'il existe des arbres qui n'ont pu être suivis que sur deux ou trois expositions à cause de l'inaccessibilité du terrain .



3. Traitement des données:

Le traitement des données récoltées sur terrain a été réalisé à l'aide d'Excel 2007 et du logiciel R. Le traitement des données a tenu compte des différents facteurs pris en compte, l'arbre, l'orientation, le type de rameau, la date d'observation.

La lecture des données a été faite pour chaque variable (longueur et diamètre des rameaux, nombre de paires de feuilles et de samares/rameau) en considérant chaque facteur seul, puis des liens entre variables et/ou entre facteurs ont été examinés. Les stades phénologiques successifs ont été représentés graphiquement par arbre et par date pour un individu donné toute exposition confondue.

Chapitre III

1. Présentation des résultats:

1.1. Le débourrement:

1.1.1. Variabilité inter et intra- spécifique:

Le début du débourrement s'est produit en moyenne à la fin Mars 2017 et s'est étalé jusqu'au 20 Avril. Les observations phénologiques indiquent un décalage de la date de débourrement entre espèces à l'échelle d'une même station c'est à dire dans les mêmes conditions du milieu. En effet, à la quatrième semaine du mois de Mars, nous avons observé le stade des feuilles déployées chez *Prunus prostrata* et *Crateagus monogyna* alors que chez *A. monspessulanum* et *Quercus ilex* les bourgeons étaient encore au stade fermé (Figure 8). Le débourrement a été plus précoce d'environ 09 jours chez *C. monogyna* et *P. prostrata*. Quant à *Cedrus atlantica* et *Quercus ilex* ils ont montré aussi les débournements les plus tardifs.

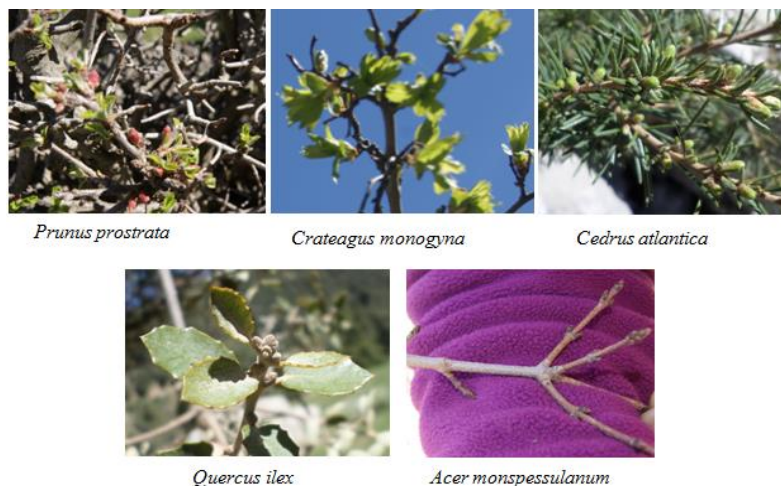


Figure 8 : Variabilité interspécifique du débourrement dans la station (Clichés, 30 Mars 2017).

1.1.2 Variabilité intra-arbre:

Les observations phénologiques ont montré que les bourgeons qui se trouvent dans la cime ont débourré plus précocement que ceux situés sur les branches plus basses. Nous avons noté la présence de différents stades du débourrement des bourgeons sur un même individu où nous avons observé des bourgeons fermés, gonflés et ouverts ce qui renseigne sur une variabilité intra-arbre. (Figure 9).

Figure 9 : Présence de différents stades de débourrement au sein d'un seul rameau (Clichés, 2017).



Chez le genre *Acer*, les bourgeons passent au moment du débourrement par 06 stades d'évolution que nous avons observés chez l'érable de Montpellier comme illustré par la figure 10.

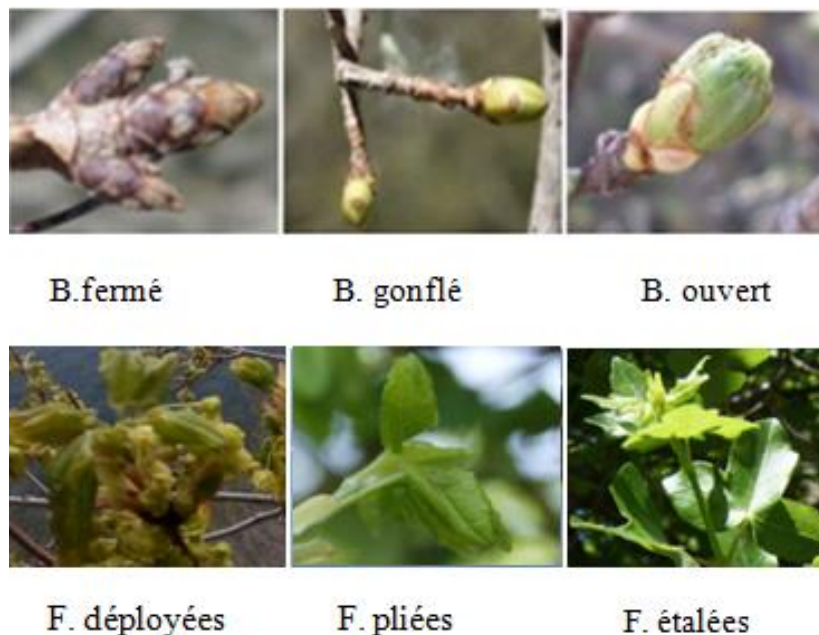


Figure 10: Stades successif du débourrement de l'érable de Montpellier dans notre station (Clichés, 2017).

1.1.3 Réalisation des différents stades de débourrement chez l'érable de Montpellier:

- Les observations phénologiques du débourrement que nous avons effectués sur les 18 arbres, nous montrent que les stades de débourrement ne se réalisent pas à la même date pour la totalité des arbres, ni dans même arbre (Figure 11). En effet, il existe un chevauchement complet ou partiel chez un même individu, qui nous renseigne sur une certaine variabilité intra-arbre.

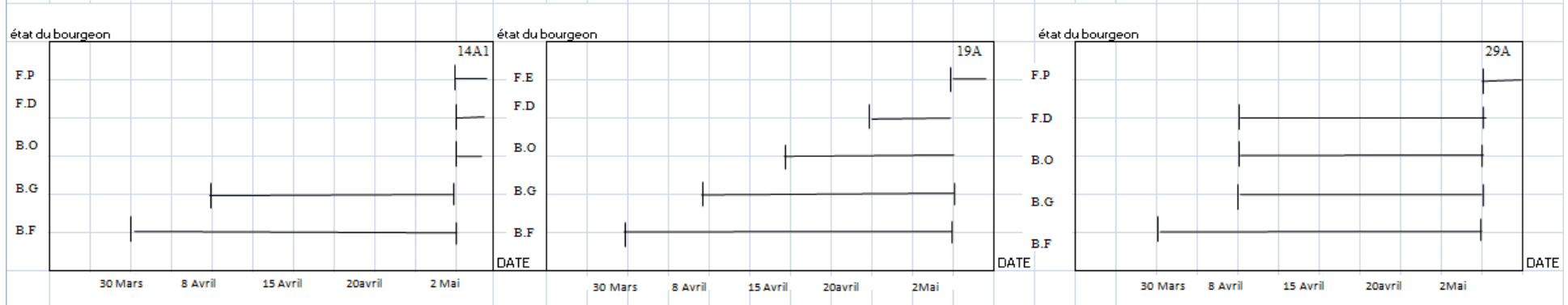
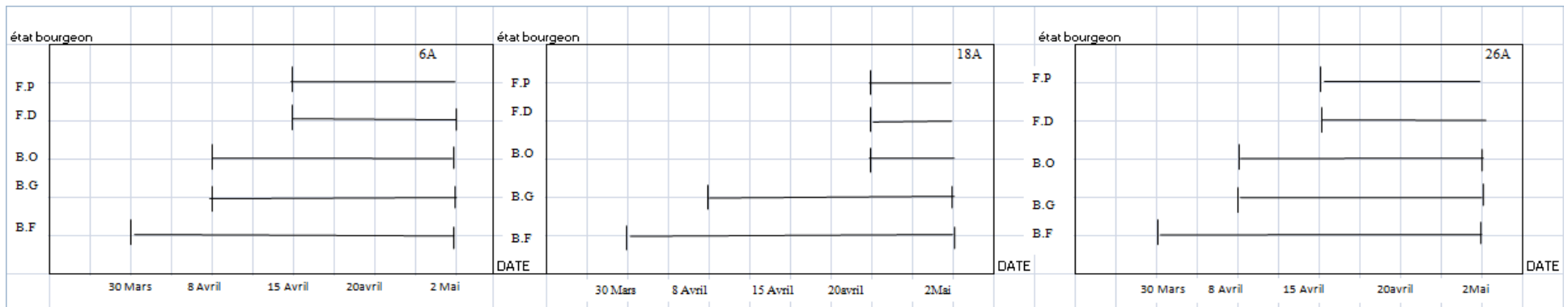
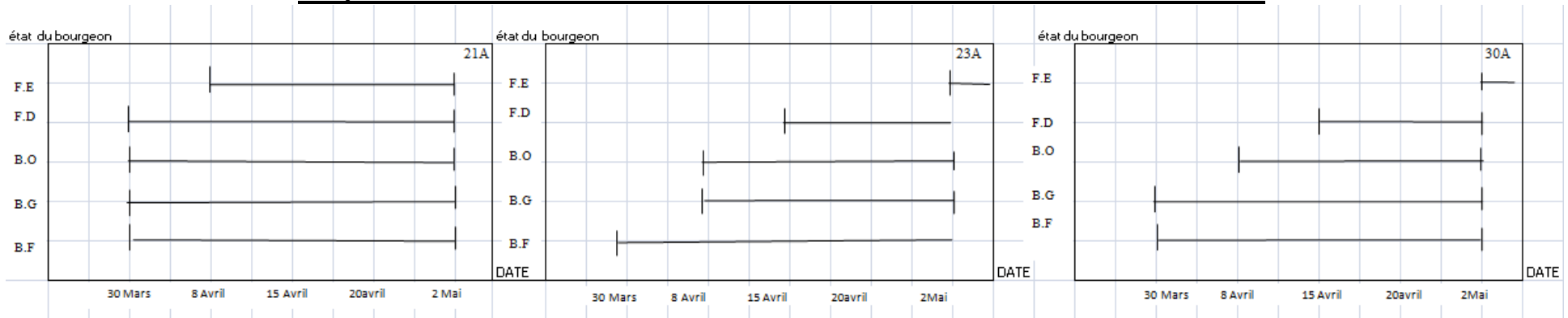
- Le stade des bourgeons fermés est le plus étalé dans le temps, nous l'avons retrouvé tout au long de la période de nos observations et cela chez tous les individus.

- Le stade des bourgeons gonflés a débuté chez 09 individus (47,36%) au 30 Mars, chez 08 individus au 08 Avril, et chez un individu au 20 Avril.

- Le stade des bourgeons ouverts a débuté chez 03 individus au 30 Mars, chez 08 individus au 08 Avril, chez 03 arbres au 15 Avril, chez 03 arbres au 20 avril et chez un seul individu au 2 Mai.

- Le stade des feuilles déployées a débuté chez un seul individu au 30 Mars, chez 04 individus à la date 08 Avril, chez 07 individus au 15 avril, chez 05 individus au 20 avril, et chez un seul individu au 2 Mai.

- Le stade des feuilles pliées a débuté chez un individu au 30 Mars, chez un autre arbre au 08 Avril, chez 04 arbres au 15 Avril, chez 05 arbres au 20 Avril, et chez un seul individu au 2 Mai.



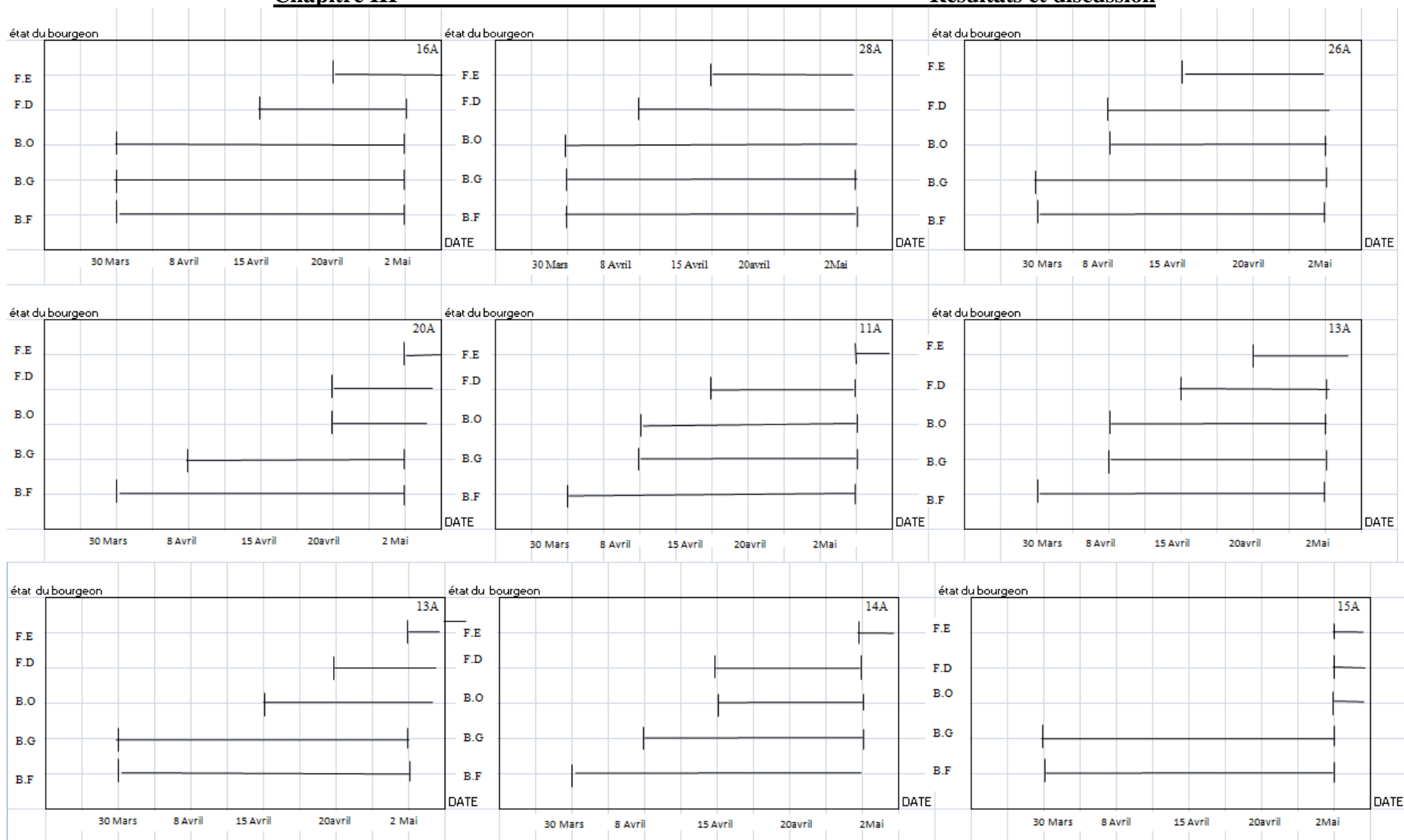


Figure 11: Illustration de la réalisation des stades successifs de débourrement des bourgeons de l'érable de Montpellier selon les arbres.

1.2. Dimensions des rameaux de l'érable de Montpellier:

1.2.1. Elongation des rameaux:

1.2.1.1. Longueur moyenne des rameaux terminaux et latéraux selon la date :

La longueur moyenne des rameaux terminaux (RT) et latéraux (RL) de tous les arbres et toute exposition confondue selon la date, est représentée dans le tableau 2 et la figure 12.

Tableau 2: Longueur moyenne des rameaux terminaux et latéraux selon la date tout arbre et toute exposition confondue.

<i>DATE</i>	<i>Longueur RL (cm)</i>	<i>Longueur RT (cm)</i>
2 Mai	1,54	4,63
7 Mai	2,25	7,34
13 Mai	2,25	8,90
23 Mai	2,43	9,64
31 Mai	2,60	9,93
11 juin	2,66	10,04
21 juin	2,69	10,08
6 juillet	2,72	10,12
17 juillet	2,74	10,14

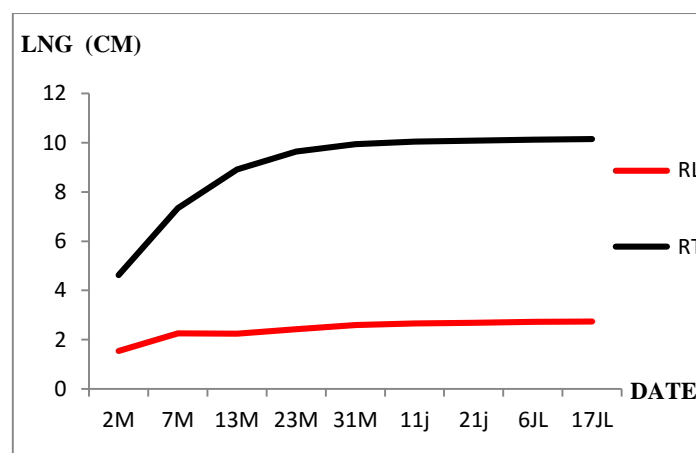


Figure 12: La cinétique de longueur des rameaux terminaux et latéraux par arbre toute exposition confondue.

La figure 12 montre une longueur moyenne des rameaux terminaux supérieure par rapport aux rameaux latéraux. Ceci nous renseigne sur une meilleure allocation des ressources aux rameaux terminaux.

Les variations de dimensions sont sensibles entre le 02 Mai et le 13 Mai, mais à partir du 13 Mai, elles sont presque identiques.

1.2.1.2. Taux d'accroissement des rameaux terminaux et latéraux selon la date et l'exposition tout arbre confondu :

C'est le rapport entre la longueur des rameaux à la date initiale par rapport à la date finale, les résultats sont montrés dans le tableaux 3.

Tableau 3: Pourcentage de l'accroissement des rameaux terminaux et latéraux à la date initiale par rapport à la date finale selon l'exposition.

Exposition	S	N	E	O
LNG RL (%)	60,44	61,84	15,32	39,38
LNG RT (%)	47,35	40,68	62,19	37,03

A la date du 2Mai, les rameaux latéraux ont réalisé jusqu'à 60% de leur longueur finale sur les expositions Sud et Nord. Idem pour les rameaux terminaux sur l'exposition Est, moins de 50% pour l'est chez les rameaux latéraux, idem pour le sud, le nord et l'ouest chez les rameaux terminaux.

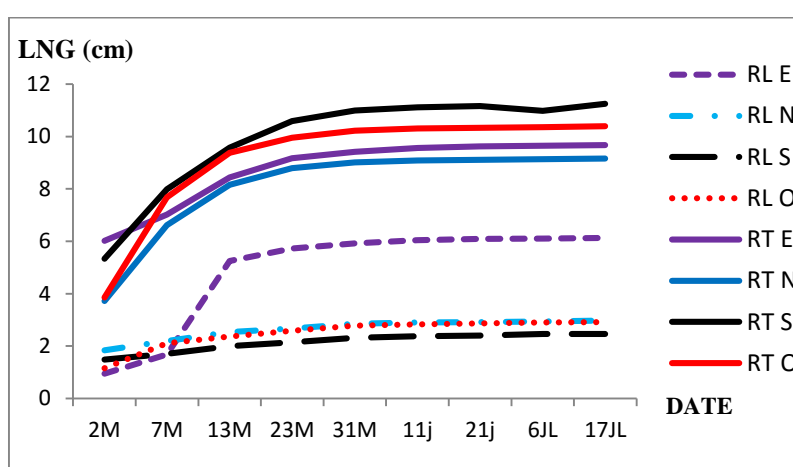


Figure13: La cinétique de longueur des rameaux latéraux et terminaux selon l'exposition tout arbre confondu.

Nous notons que la longueur moyenne des rameaux terminaux est supérieure à celle des rameaux latéraux quelque soit l'exposition.

Pour les rameaux terminaux, le rythme d'accroissement est synchronisé sur les 4 orientations avec une période caractérisée par un accroissement du 2 au 13Mai, suivie par une période de ralentissement de la croissance (13Mai au 17Juillet).

La longueur moyenne des rameaux terminaux sur l'exposition Sud est légèrement plus élevée par rapport à celles des 03 autres orientations. Par exemple, au 17 Juillet, une longueur de 11,25 cm a été réalisée en exposition Sud contre 9,15; 9,67 et 10,39cm respectivement aux expositions Est, Nord et Ouest.

Chez les rameaux latéraux, le rythme de croissance est synchronisé sur 3 expositions (Sud, Nord, Ouest) sur 4, avec une longueur finale atteinte précocement sur les 03 orientations par rapport à l'exposition Est.

1.2.1.3 Taux d'accroissement des rameaux entre la date initiale et la date finale :

L'accroissement des rameaux terminaux et latéraux a été mesuré par le rapport entre la longueur des rameaux à la date initiale et finale. Les résultats sont montrés dans le tableaux 4.

Tableau 4: Pourcentage d'accroissement de la longueur des deux types de rameaux à la première

<i>Date</i>		<i>02 Mai</i>											
<i>Arbre</i>		26A	18A	6A	14A	29A	19A	21A					
<i>RL(%)</i>		69,33	65,55	58,11	70,94	32,63	51,63	58,42					
<i>RT(%)</i>		80,83	47,76	73,21	59,92	65,44	34,09	53,08					
<i>Date</i>		<i>07 Mai</i>											
<i>Arbre</i>		23A	30A	16A	20A	14A1	25A	15A	13A1	11A	27A	13A	28A
<i>RL(%)</i>		54,17	69,49	73,6	76,95	58,68	71,19	66,56	66,54	59,36	66,09	76,22	37,72
<i>RT(%)</i>		74,62	68,58	92,27	62,21	67,28	48,38	74,76	83,89	75,48	79,91	76,38	88,37

semaine de Mai (2 et 7) selon l'arbre et toute exposition confondue.

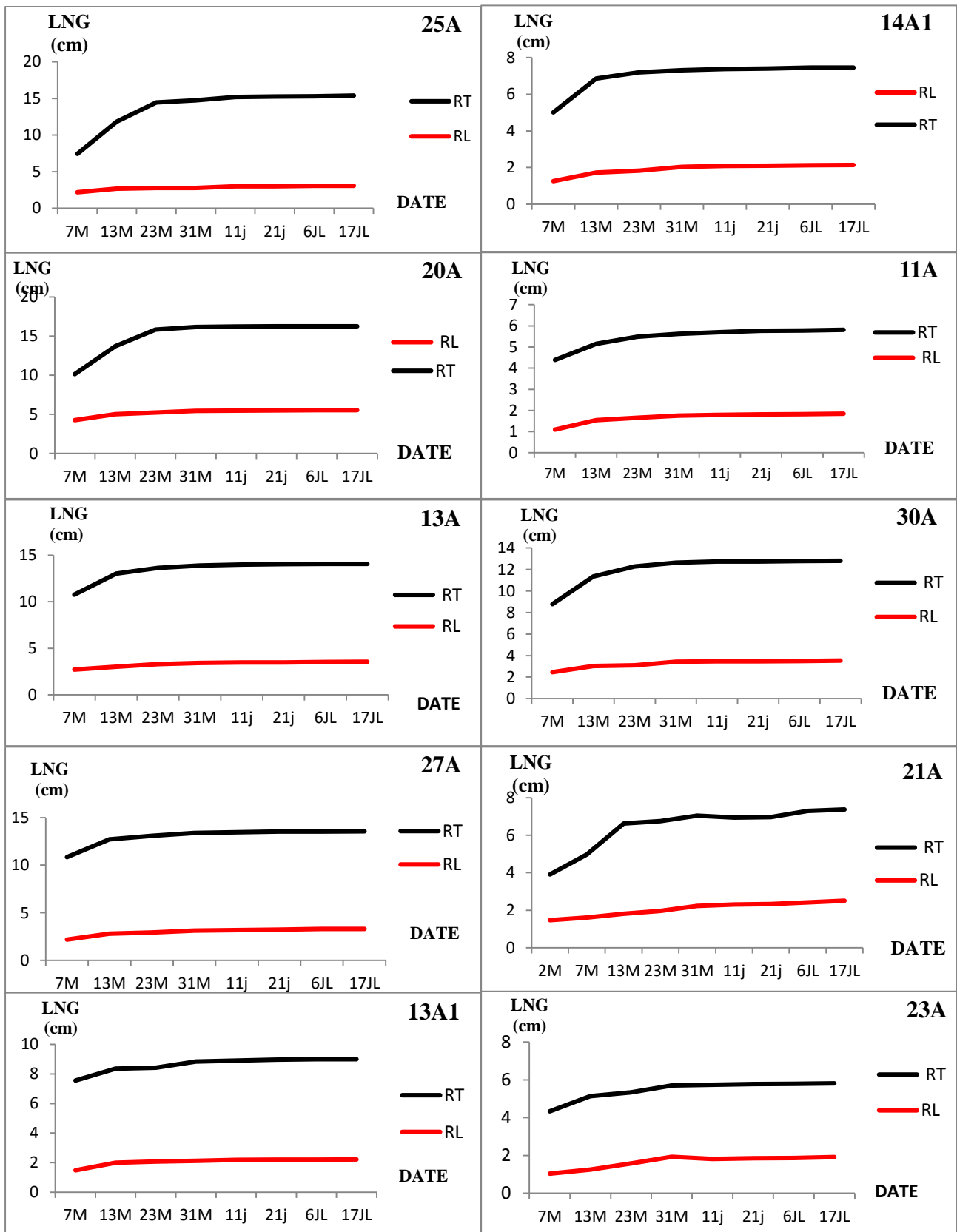
Au 2 Mai, pour les rameaux terminaux parmi les 07 arbres mesurés, nous avons noté 03 individus qui ont réalisé plus de 70% de leur longueur finale, 02 individus qui ont réalisé entre 50-70% et 02 autres individus qui ont réalisé moins de 50%. Pour les rameaux latéraux nous avons noté un individu qui a réalisé plus de 70% de sa longueur finale, 05 individus qui ont réalisé entre 50-70% et un seul individu qui a réalisé moins de 50%.

Pour les 12 arbres mesurés le 7 Mai, nous avons noté 08 qui ont réalisé plus de 70% de leur longueur finale, 03 qui ont réalisé entre 50-70% et un qui a réalisé moins de 50% pour les rameaux terminaux, tandis que pour les rameaux latéraux nous avons noté un individu qui a réalisé plus de 70% de sa longueur finale, 07 individus qui ont réalisé entre 50-70% et un individu qui a réalisé moins de 50%.

1.2.1.4. Longueur moyenne des rameaux terminaux et latéraux selon la date et l'arbre toute exposition confondue :

La figure 14 nous montre que même à l'échelle individuelle la longueur moyenne des rameaux terminaux est supérieure à celle des rameaux latéraux.

Les différences inter-arbres sont plus sensibles dans le cas des rameaux terminaux, où la période de croissance s'est étalée jusqu'au 13 Mai pour la plupart d'entre eux, à l'exception des individus 25A, 20A, 19A chez lesquels elle s'est étalée au 23 Mai voire au 31 Mai chez l'arbre 6A. Néanmoins, nous constatons que ce ne sont pas les individus qui ont réalisé la plus grande croissance des rameaux terminaux durant la première semaine du mois de Mai (2 et 7 Mai) qui ont atteint les meilleures longueurs à la fin de la croissance. Par exemple, à la date du 2 Mai, les arbres 6 et 19 ont réalisé respectivement 92,27 % et 34,09% de leur croissance, ont atteint au 17 juillet une longueur finale de 8,57 cm et 11,93cm en moyenne respectivement (Tableau 4).



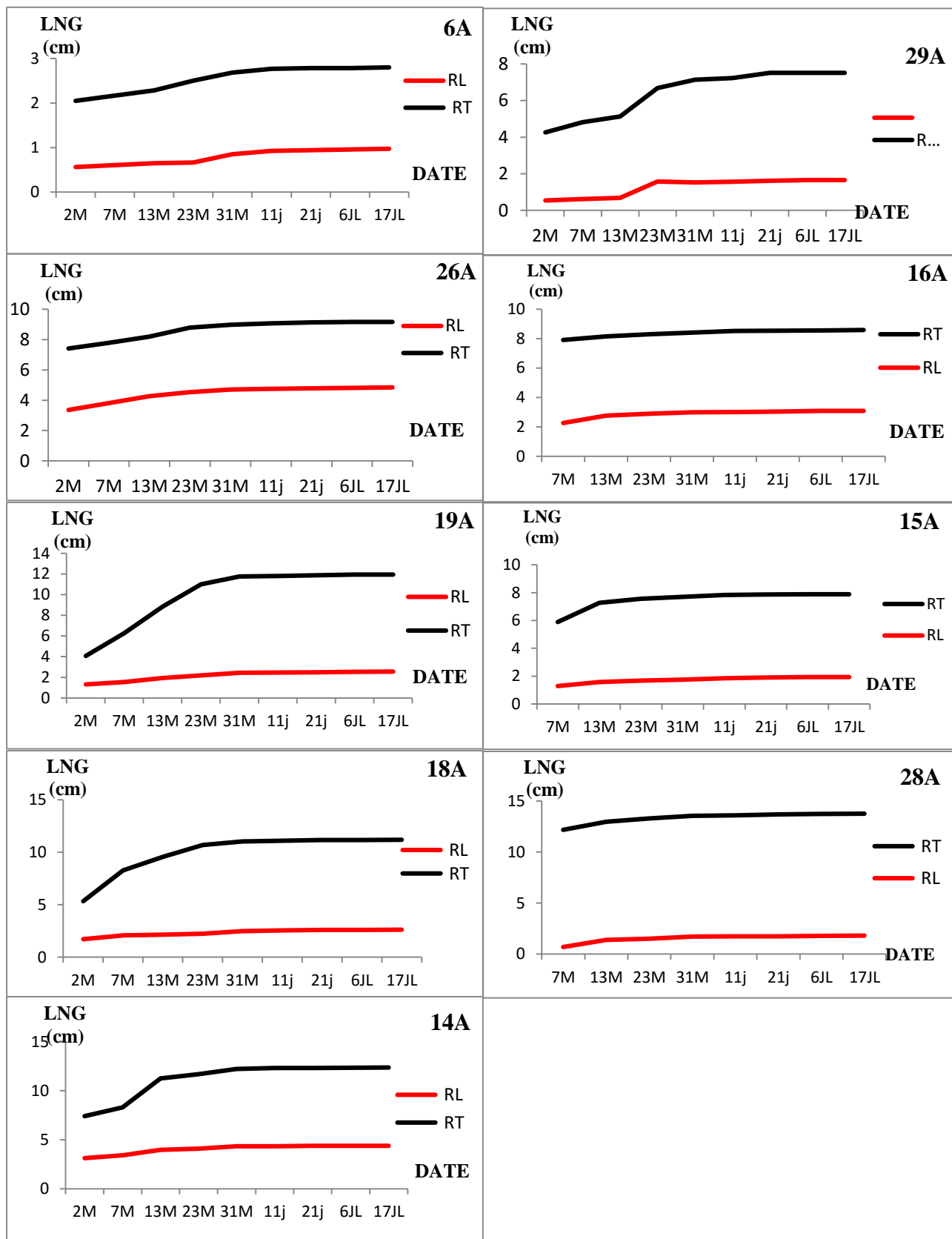
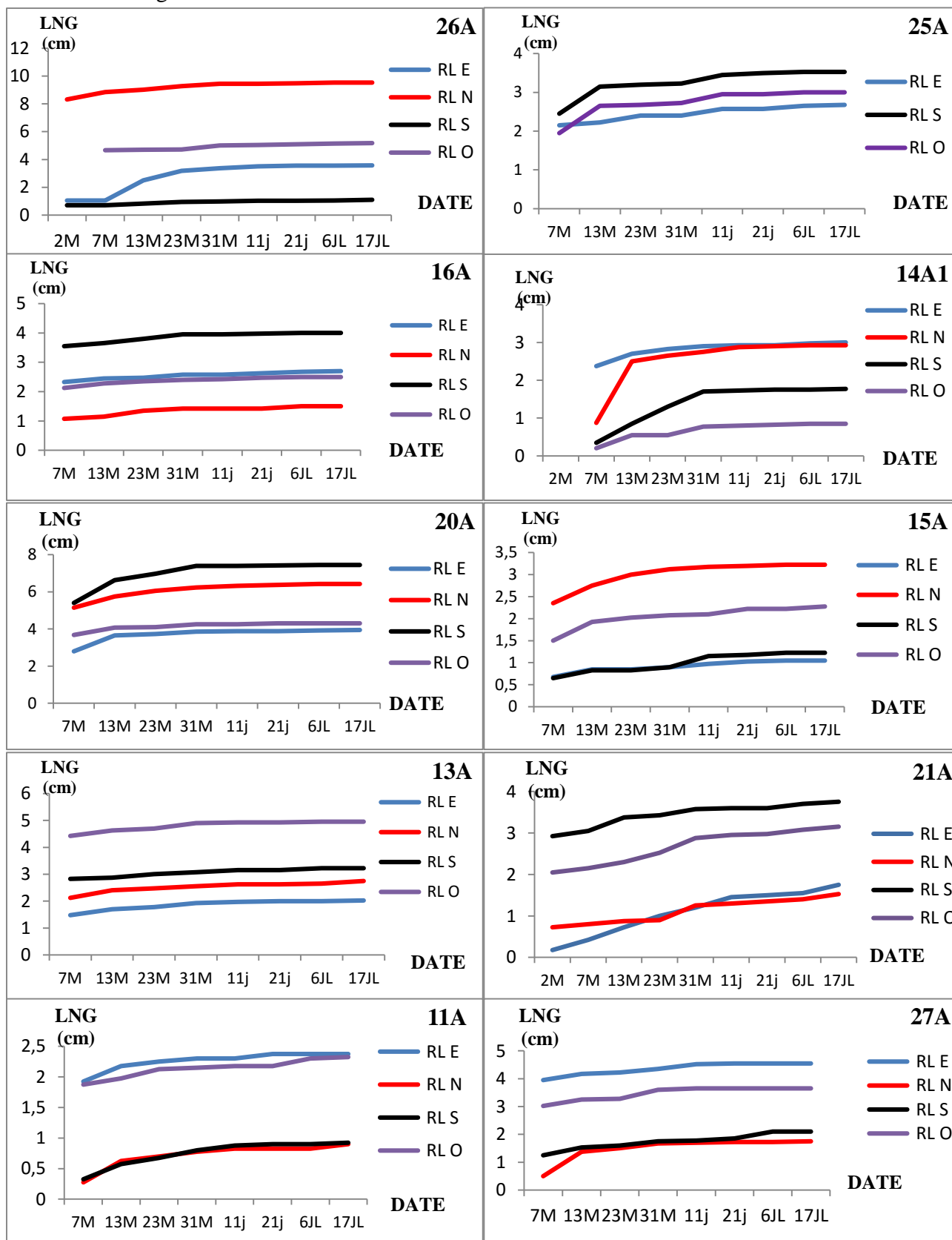


Figure 14 : La cinétique de longueur des rameaux selon l'arbre toute exposition confondue.

1.2.1.5 Longueur des rameaux latéraux selon l'exposition et la date par arbre :

La longueur moyenne des rameaux latéraux mesurée selon l'exposition et la date pour chaque arbre est donnée en figure 15.



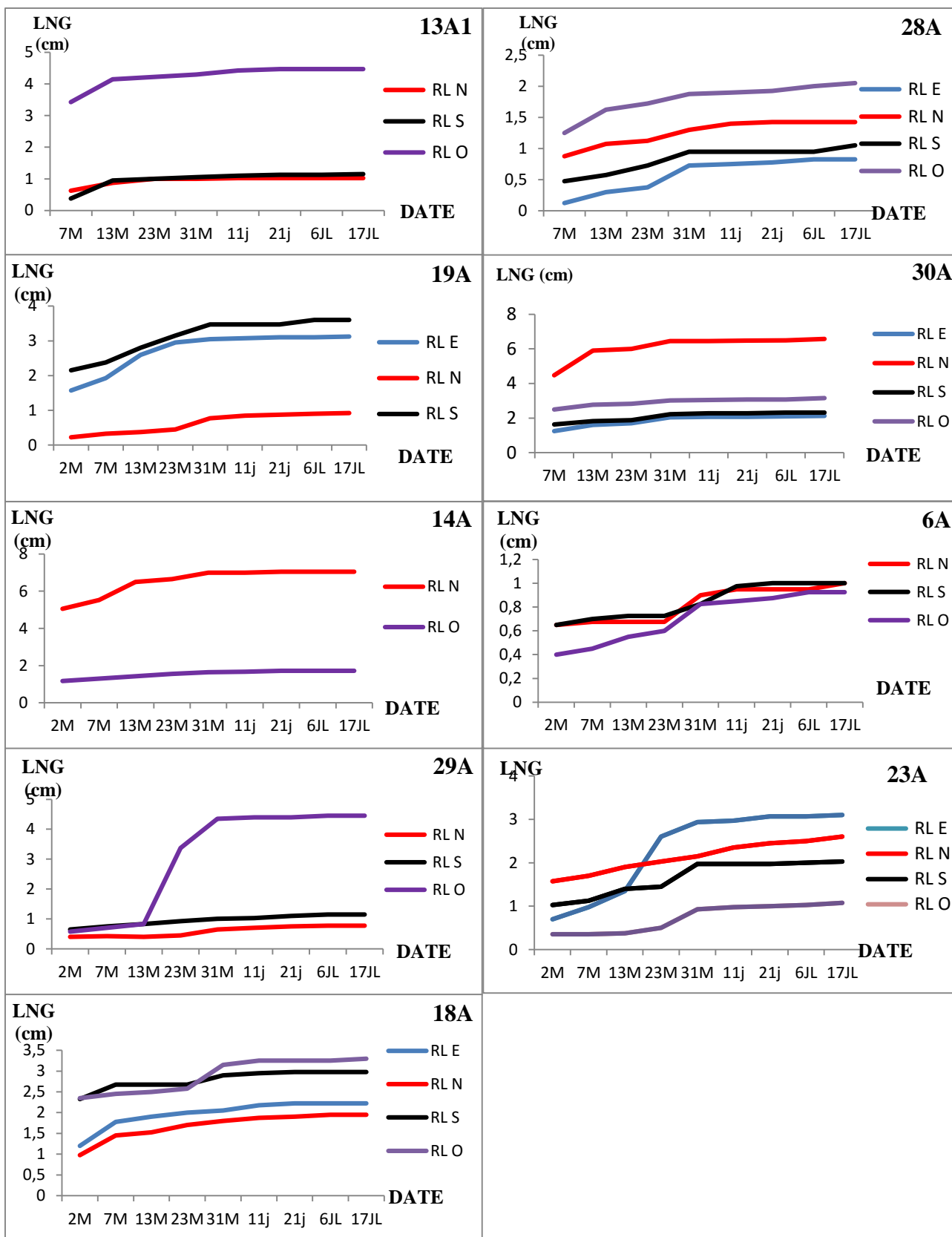


Figure 15: La cinétique de longueur moyenne des rameaux latéraux par arbre selon l'exposition.

La longueur moyenne des rameaux latéraux diffère selon l'arbre et l'exposition, elle est plus élevée chez les arbres 14A1, 11A, 27A, 23A à l'Est, 15A, 30A, 14A, 26A au Nord, 25A, 20A, 16A, 19A, 21A et 6A au Sud et 13A1, 28A, 13A, 29A, 18A à l'Ouest (figure 15).

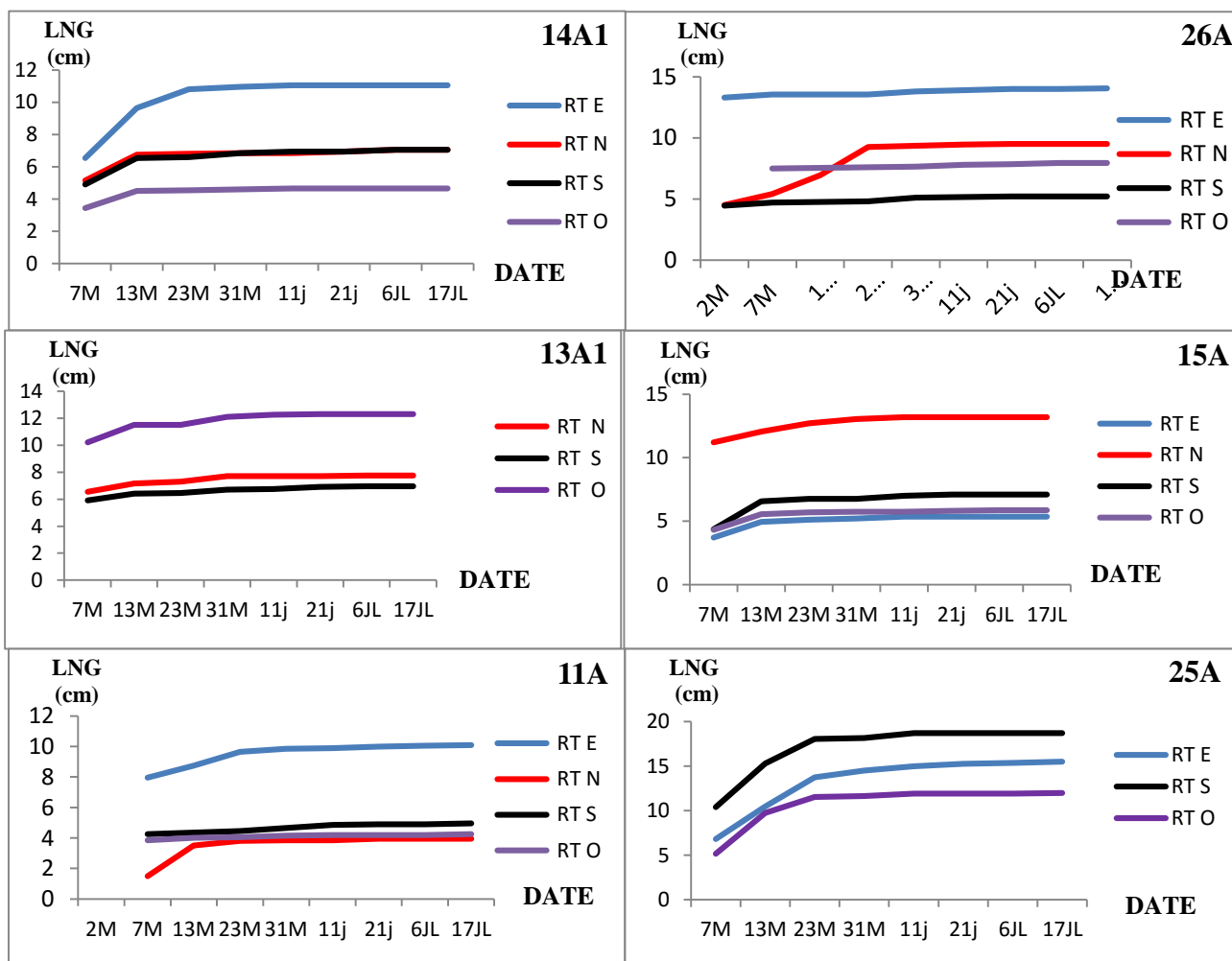
La longueur finale n'est pas en rapport avec le rythme d'accroissement que nous avons vu en tableau 4.

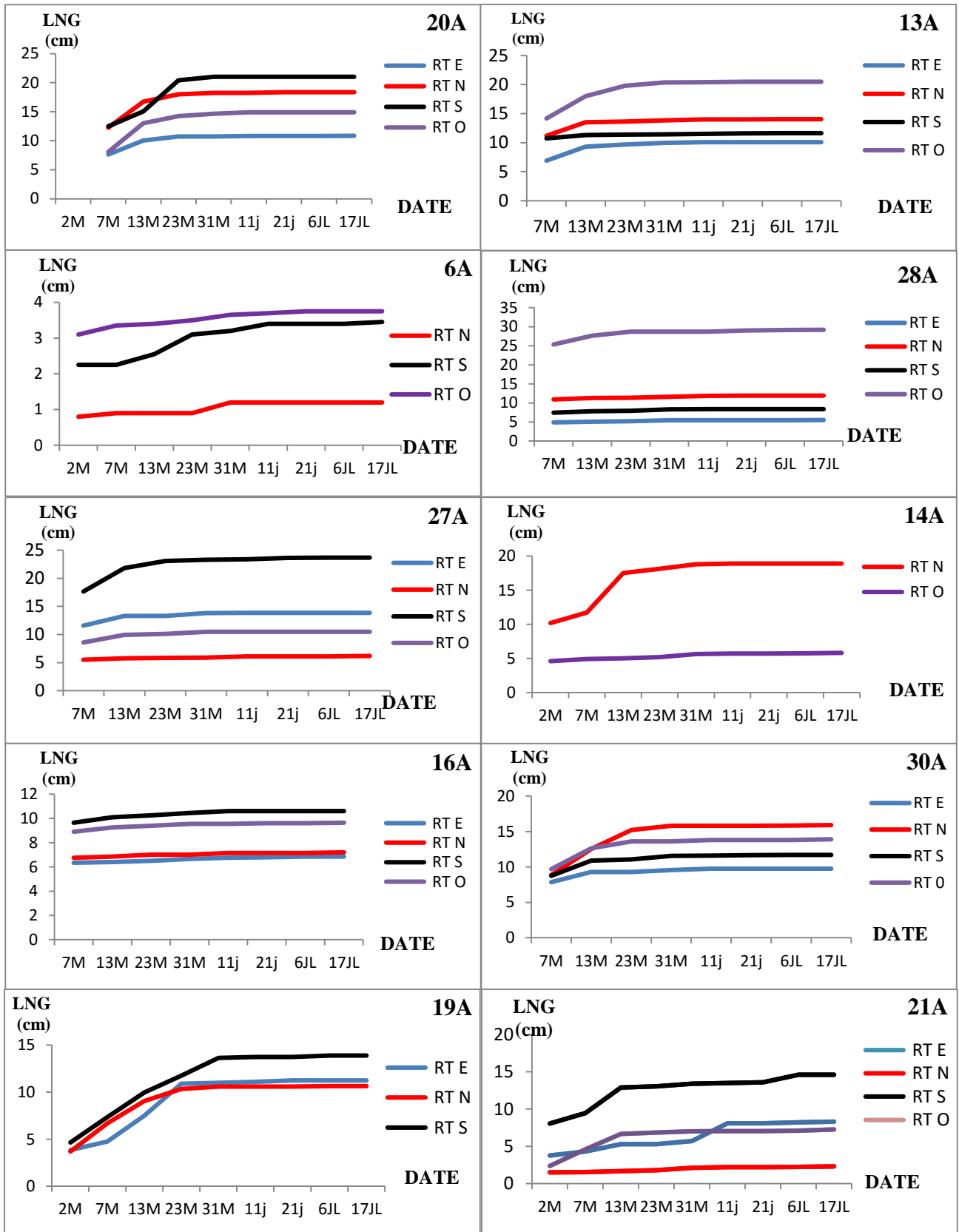
Une meilleure longueur moyenne finale a été notée en exposition Sud chez l'arbre 20, et au Nord chez les arbres 23A et 14A avec respectivement 7,45; 7,05; 6,57cm.

Le rythme d'élongation des rameaux est semblable chez tous les arbres, avec toute fois des différences entre les arbres dans la longueur finale.

Il ya une interaction chez l'arbre 29A au 23 Mai en exposition Ouest (3,37cm) par rapport aux 02 autres orientations Nord et Sud avec 0,45cm, 0,92cm respectivement, et chez les arbres 6 et 18 respectivement en exposition Sud et Est par rapport autres expositions.

1.2.1.6. Longueur des rameaux terminaux selon la date et l'exposition pour chaque arbre :





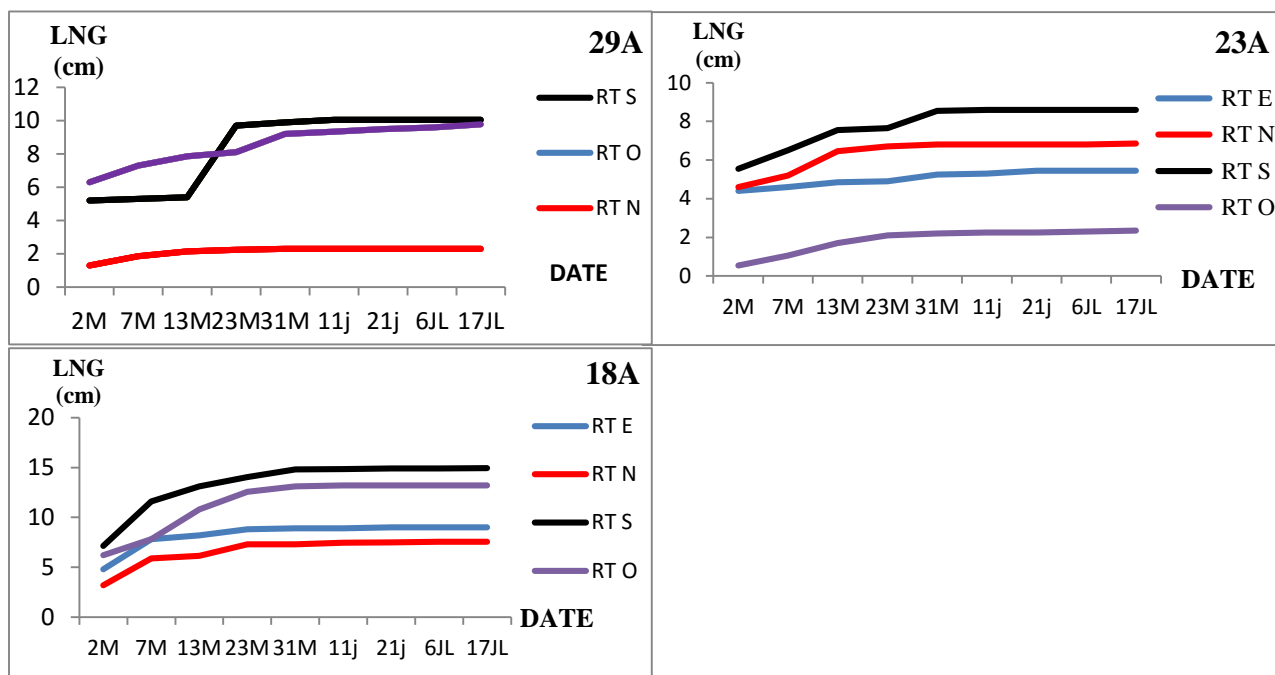


Figure 16 : La cinétique de longueur moyenne des rameaux terminaux par arbre selon l'exposition.

La figure 16 nous montre que la longueur moyenne des rameaux terminaux diffère selon l'arbre et l'exposition, elle est plus importante chez 10 arbres en exposition Sud et chez 03 arbres pour chacune des expositions restantes.

Les différences inter-arbres sont plus visibles dans le cas des rameaux terminaux. La longueur finale n'est pas en rapport avec le rythme d'accroissement que nous avons vu en tableau 3.

1.2.2 Diamètre des rameaux :

1.2.2.1 Diamètre des rameaux selon la date tout arbre et exposition confondus:

Nous remarquons sur la figure 17 que le diamètre des rameaux terminaux est supérieur à celui des rameaux latéraux.

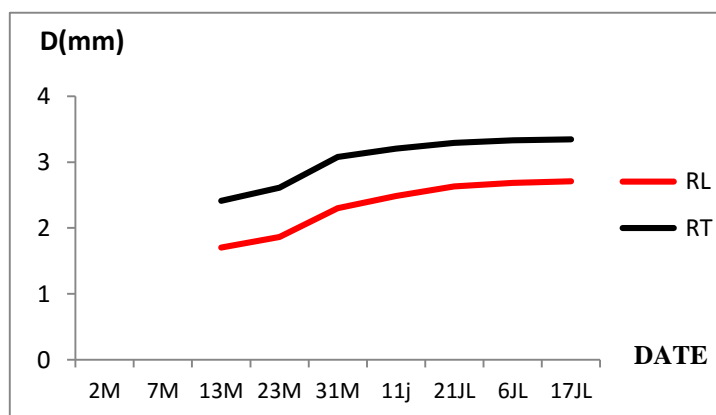


Figure 17 : La cinétique du diamètre moyen des rameaux latéraux et terminaux.

Tableau 5 : Pourcentage d'accroissement du diamètre entre 13 Mai et le 17 juillet selon l'exposition.

	<i>E</i>	<i>N</i>	<i>S</i>	<i>O</i>
Diamètre RL (%)	63,9	65,94	62,12	59,34
Diamètre RT (%)	62,12	73,4	59,34	70,55

L'accroissement du diamètre au 13 Mai est supérieur à 60% en exposition Est, Nord, Sud pour les rameaux latéraux, et en exposition Est, Nord et Ouest pour les rameaux terminaux, alors qu'il est inférieur à 60% en exposition Sud et Ouest respectivement chez les rameaux latéraux et terminaux

1.2.2.2. La cinétique du diamètre des rameaux selon l'exposition tout arbre confondu :

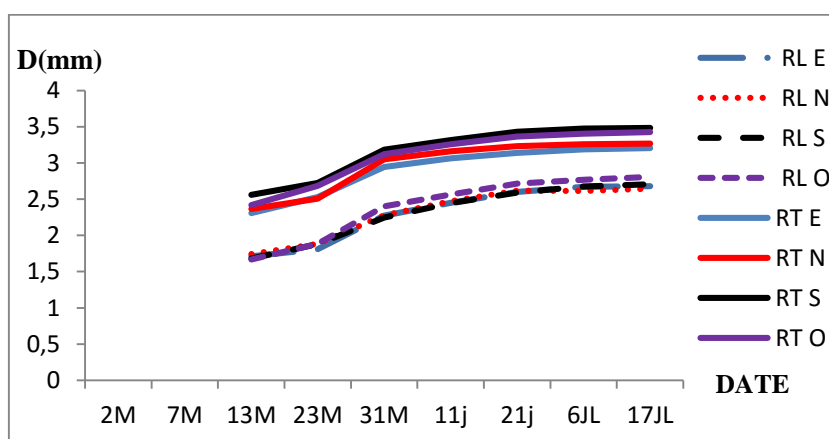
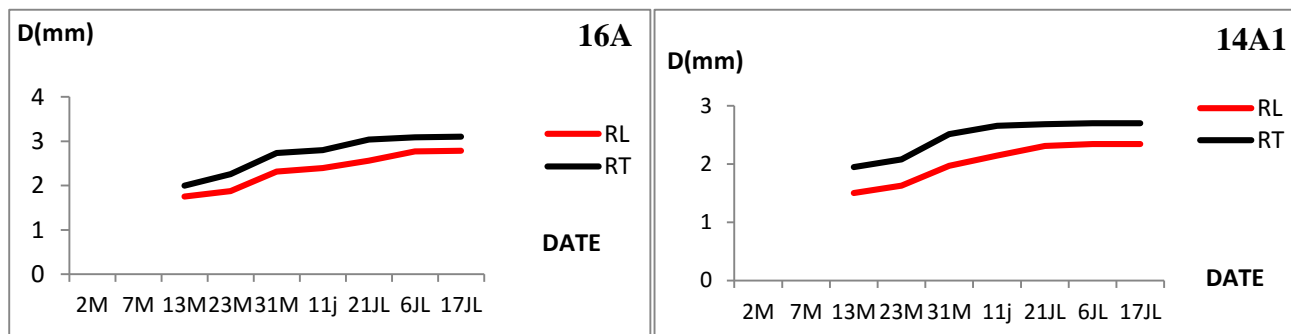
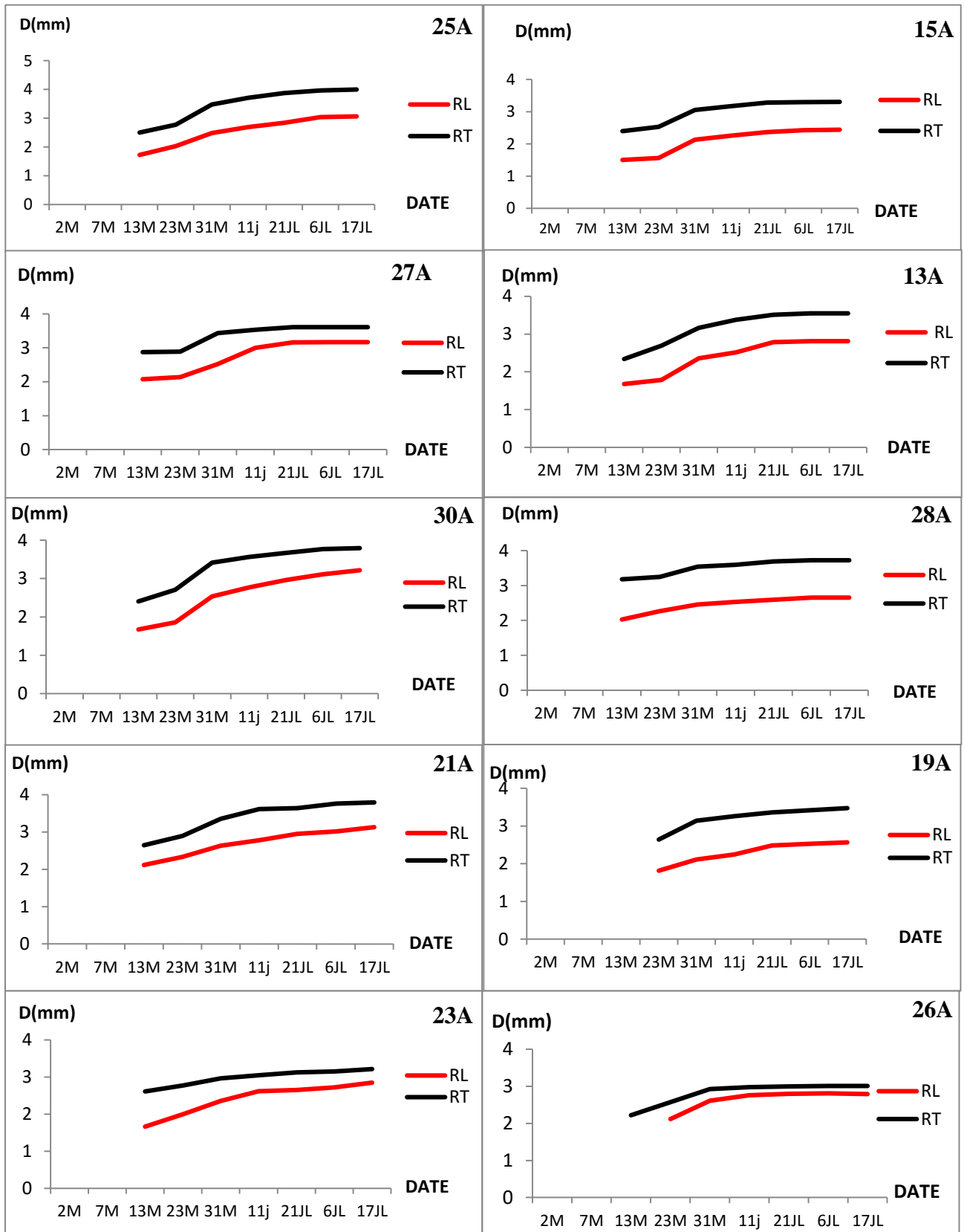


Figure 18 : Diamètre moyen des raméaux latéraux et terminaux selon l'exposition.

Le diamètre moyen des rameaux terminaux est supérieur que celui des rameaux latéraux quel que soit l'exposition. Il n'y a pas d'écart de croissance entre les expositions chez les 02 types rameaux (voir Figure 18).

1.2.2.3 La cinétique du diamètre des rameaux par arbre toute exposition confondues:





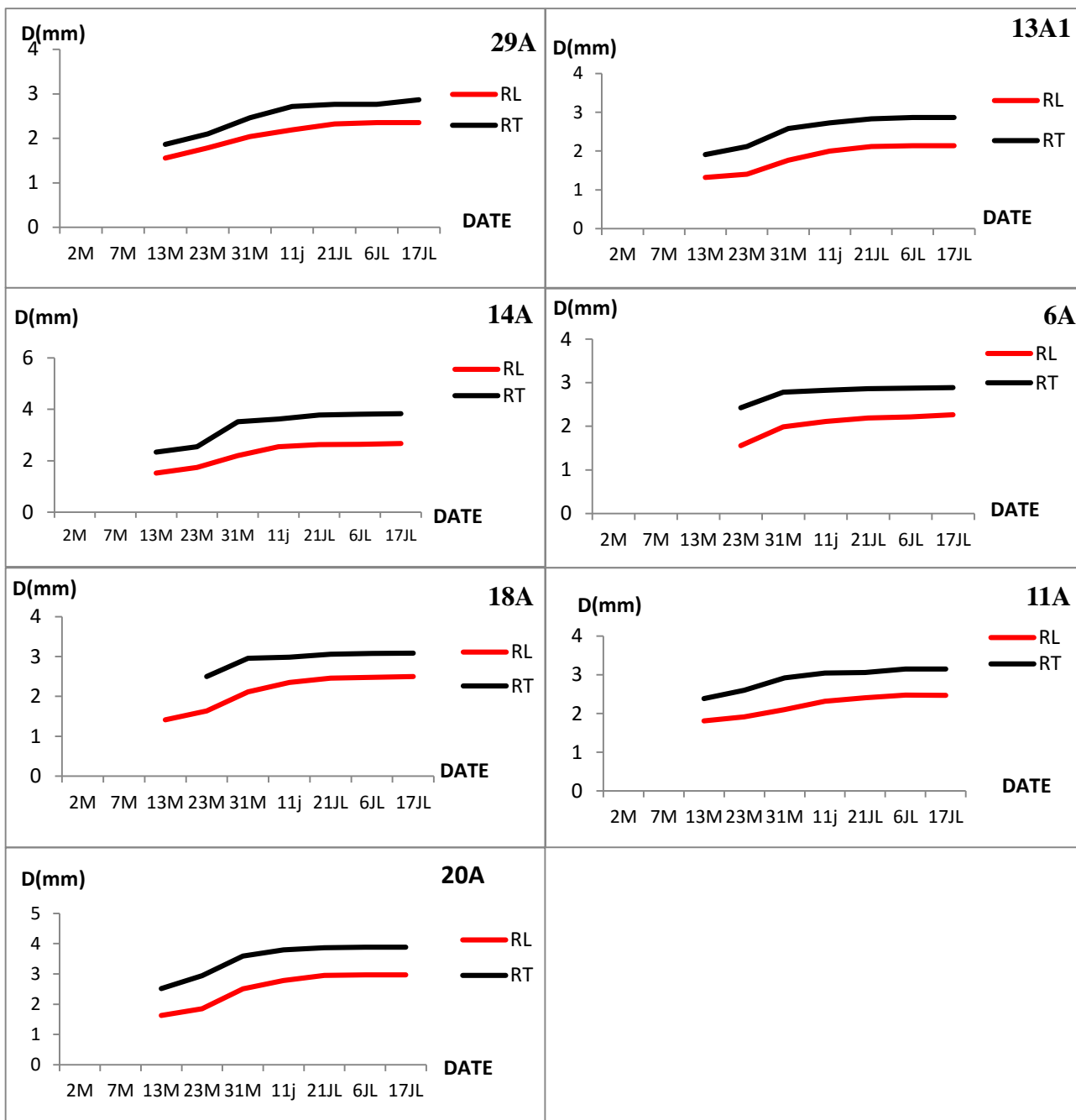
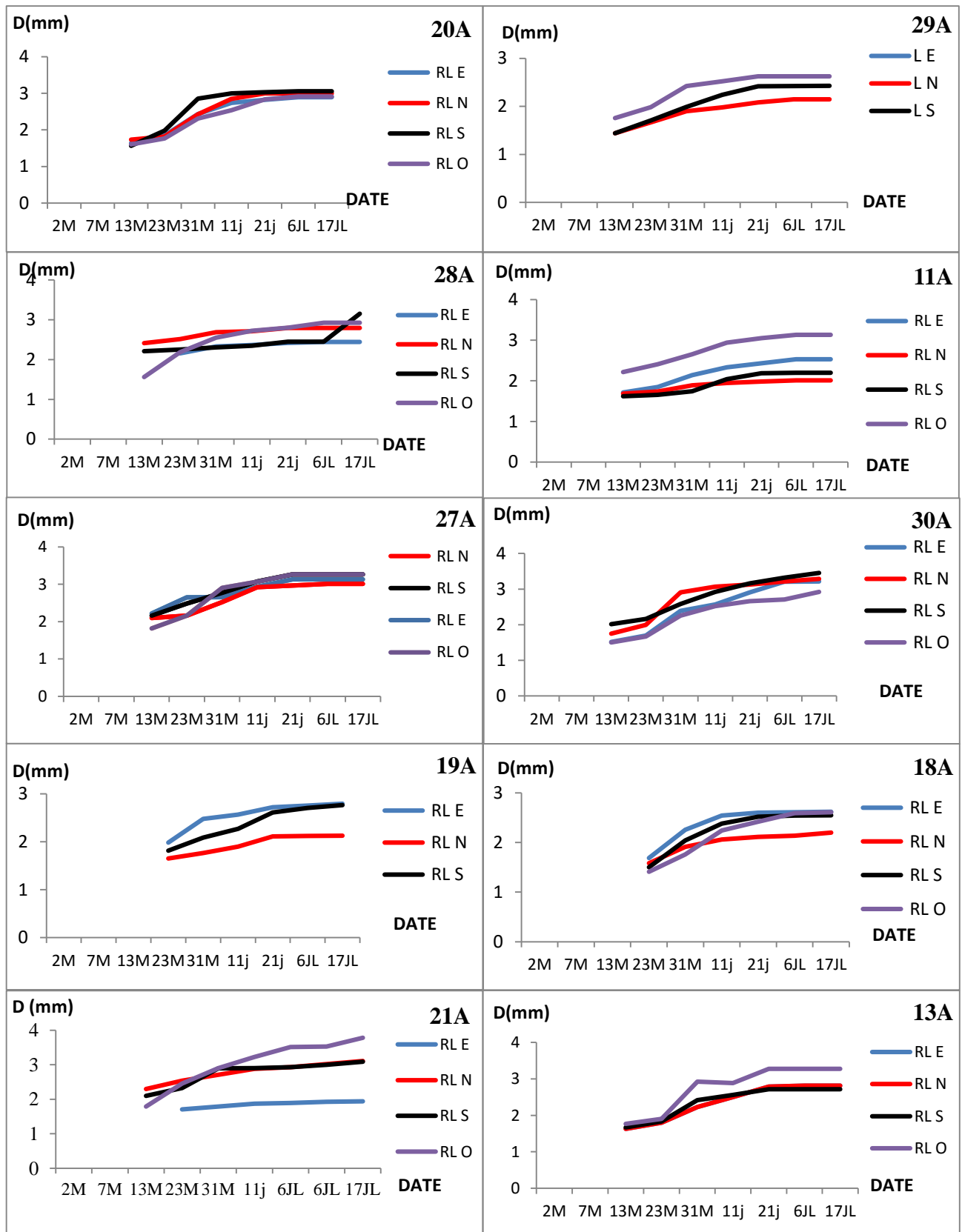


Figure 19 : La cinétique du diamètre des rameaux latéraux et terminaux par arbre.

Le diamètre moyen des rameaux terminaux est supérieur à celui des rameaux latéraux selon la date. Ceci nous renseigne sur une meilleure allocation des ressources aux rameaux terminaux. L'accroissement du diamètre est sensible entre le 13 et le 23 Mai, alors qu'à partir du 31 Mai l'accroissement des rameaux sont presque identiques.

1.2.2.4. La cinétique du diamètre des rameaux latéraux par arbre selon l'exposition:



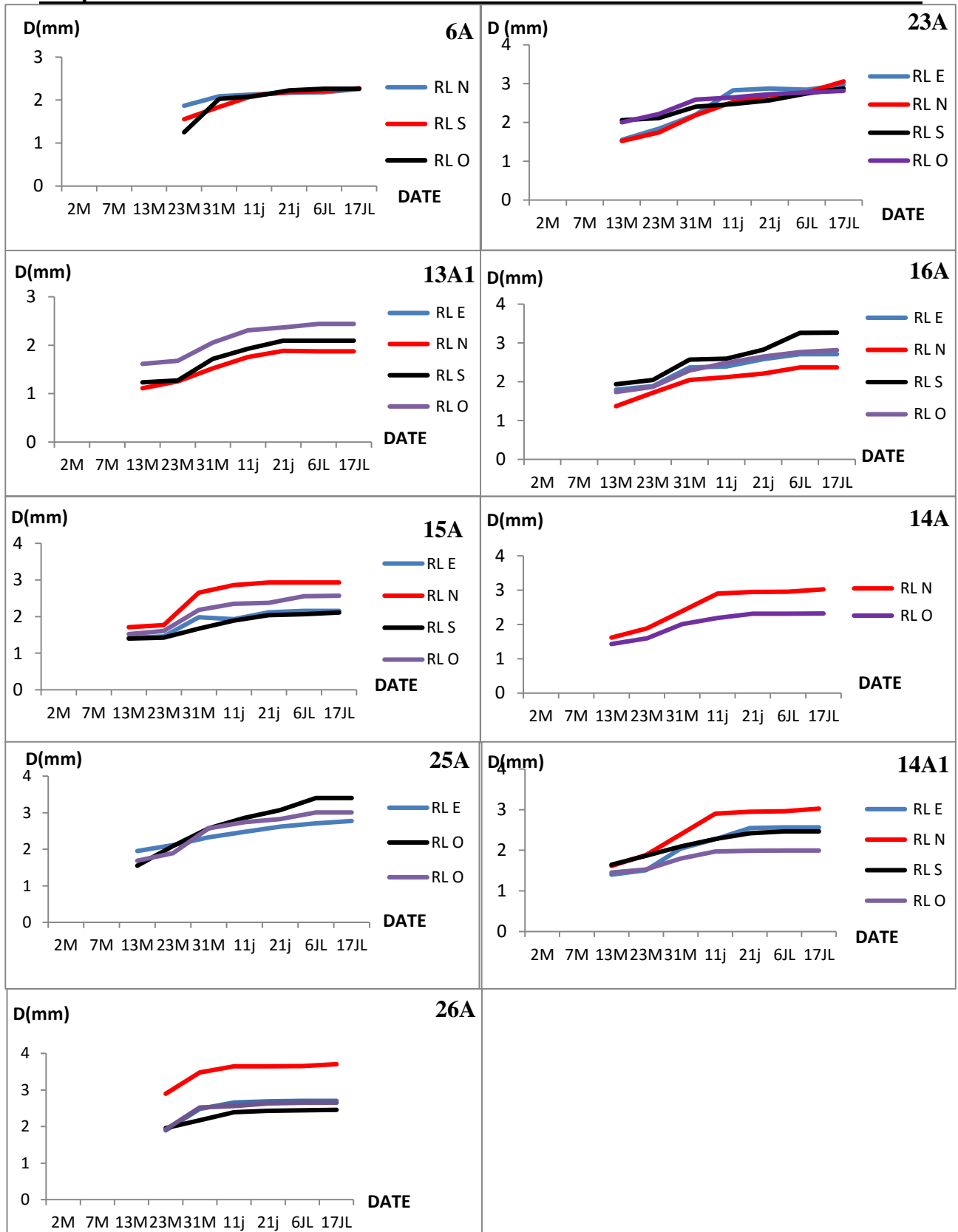
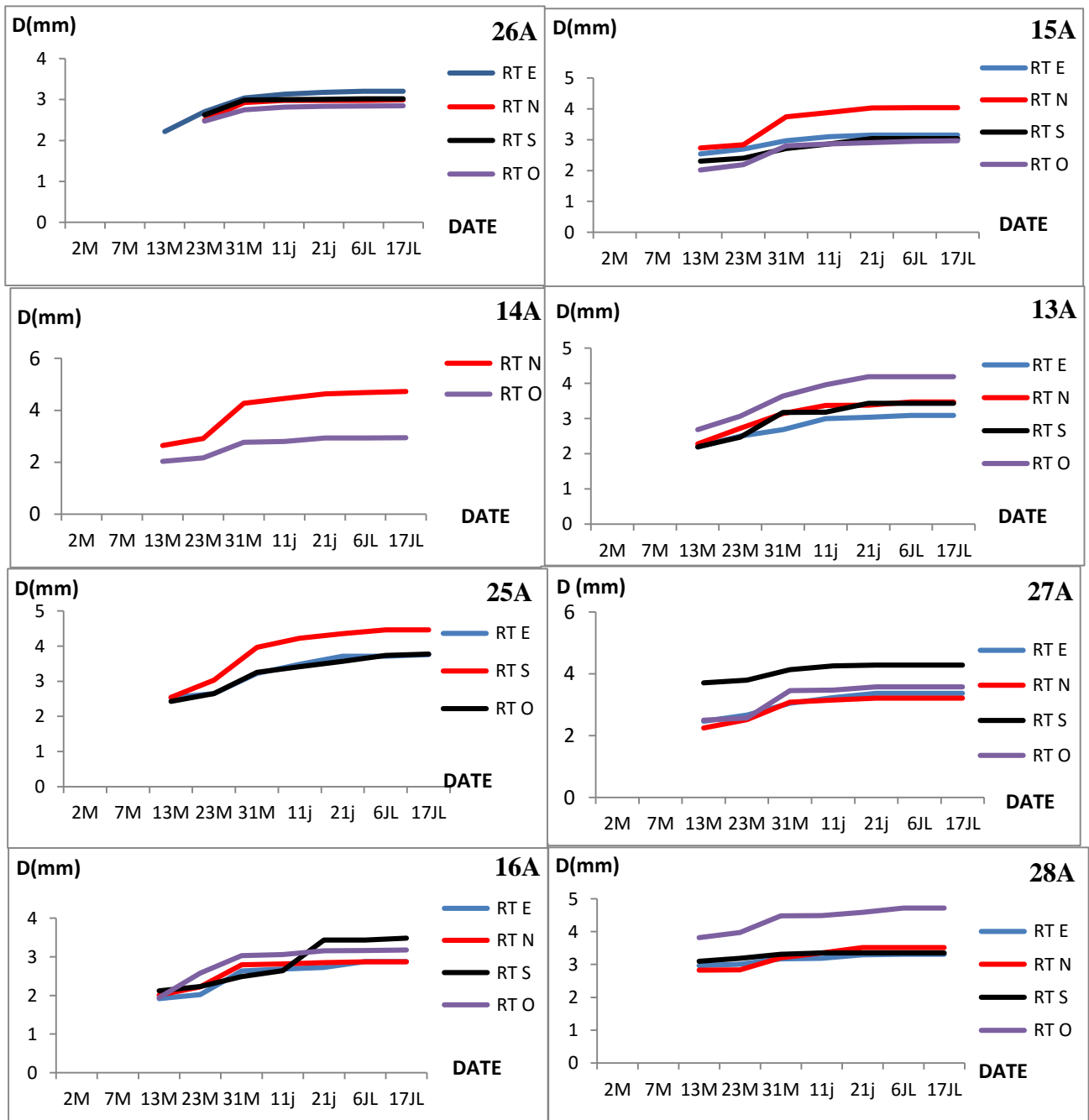


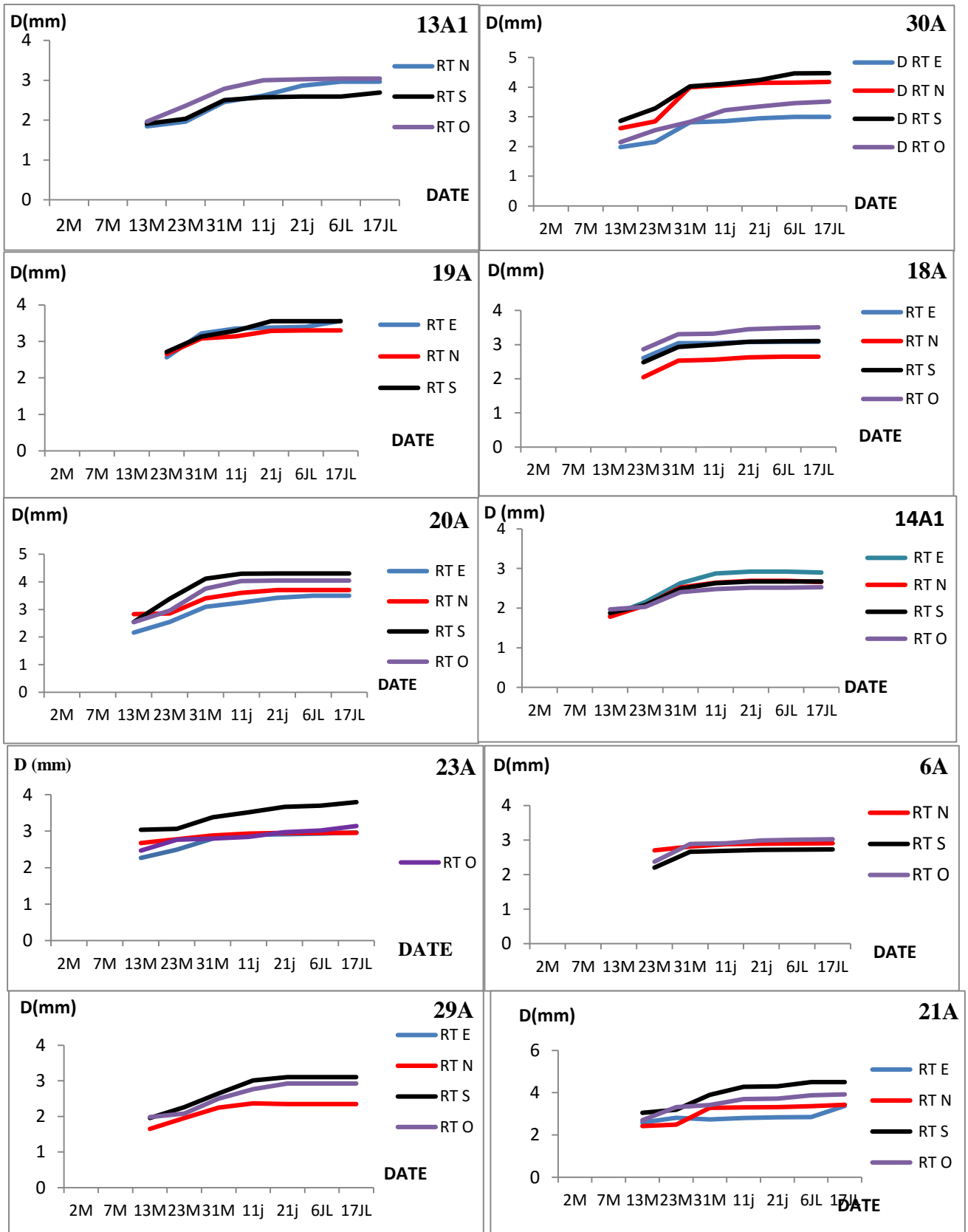
Figure 20: La cinétique du diamètre des rameaux latéraux par arbre selon l'exposition.

La figure 20 nous montre que le diamètre moyen des rameaux latéraux diffère selon l'arbre et l'exposition. Il est plus élevé chez les arbres 19A, 18A à l'Est, 15A, 14A1, 16A, 14A et 26A au Nord, 25A, 20A, 30A et 23A au Sud et 13A1, 11A, 27A, 13A, 28A, 21A, 29A, 6A à l'Ouest.

Le diamètre moyen des rameaux latéraux pour chaque date diffère selon l'arbre et l'exposition. L'exposition influe différemment selon l'arbre avec une valeur légèrement élevée en exposition Sud par rapport autres expositions chez les arbres 30A, 28A, 25A et 20A, et en exposition Ouest par rapport aux autres expositions chez les arbres 27A et 21A.

1.2.2.5. La cinétique du diamètre des rameaux terminaux selon l'exposition par arbre:





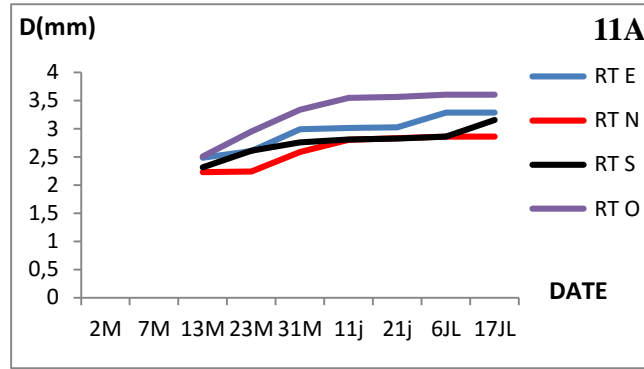


Figure 21 : La cinétique du diamètre des rameaux terminaux par arbre selon l'exposition.

Le diamètre moyen des rameaux terminaux diffère selon l'arbre et l'exposition, il est plus important chez les arbres 14A1, 13A, 28A, 26A à l'Est, 15A, 14A et 23A au Nord, 25A, 20A, 30A, 16A, 27A, 21A, 29A, 19A et 6A au Sud et 13A1, 11A et 18A à l'Ouest.

Le diamètre moyen des rameaux terminaux pour chaque date diffère selon l'arbre et l'exposition, avec une longueur légèrement élevée en exposition Sud par rapport autres expositions chez les arbres 30A, 28A, 25A et 20A, et en exposition Ouest par rapport autres expositions chez les arbres 27A et 21A.

1.2.3. Production de feuilles sur le rameaux

1.2.3.1. Production de feuilles selon le type de rameau et la date

Quelque soit la date, nous avons observé une homogénéité du nombre moyen de paires de feuilles chez les rameaux latéraux qui est de 02 paires, alors que pour les rameaux terminaux le nombre moyen qui était de 03 paires au 2 Mai a augmenté à 04 paires le 07 Mai. 50% des arbres mesurés ont 04 paires de feuilles sur les rameaux terminaux contre 25% qui ont 02 paires, figure 22.

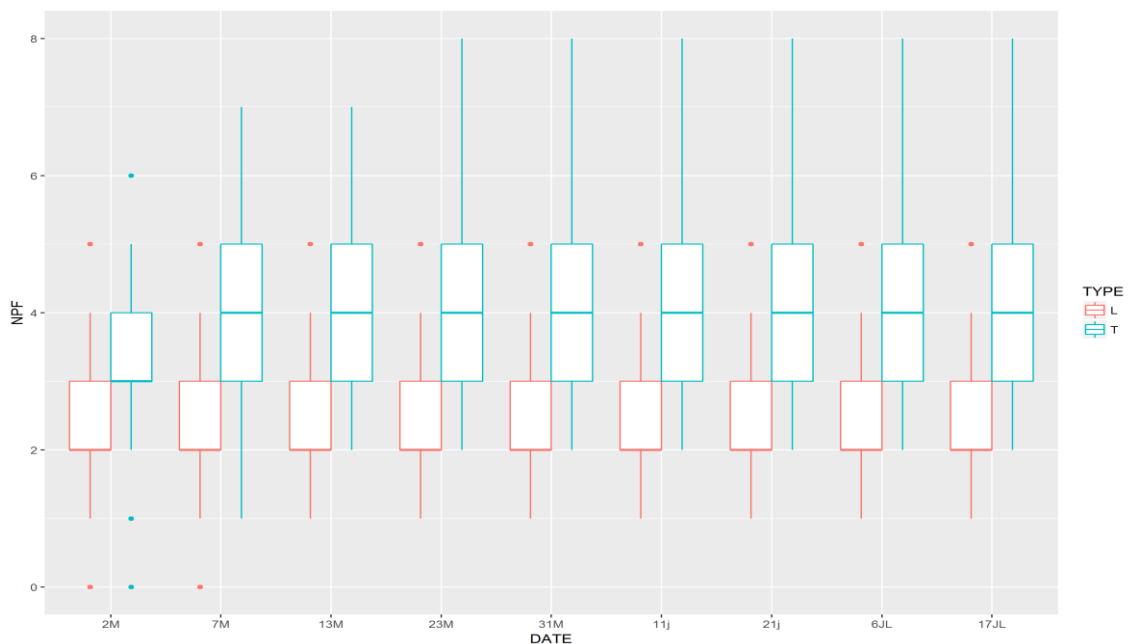


Figure 22 : Boxplot du nombre de paires de feuilles selon le type de rameaux et la date tout arbre confondue.

1.2.3.2. Production de feuilles selon le type de rameau et l'arbre toute date confondue:

Le nombre de feuilles par type de rameaux toute chaque confondue pour chaque arbre est représenté sur la figure 23.

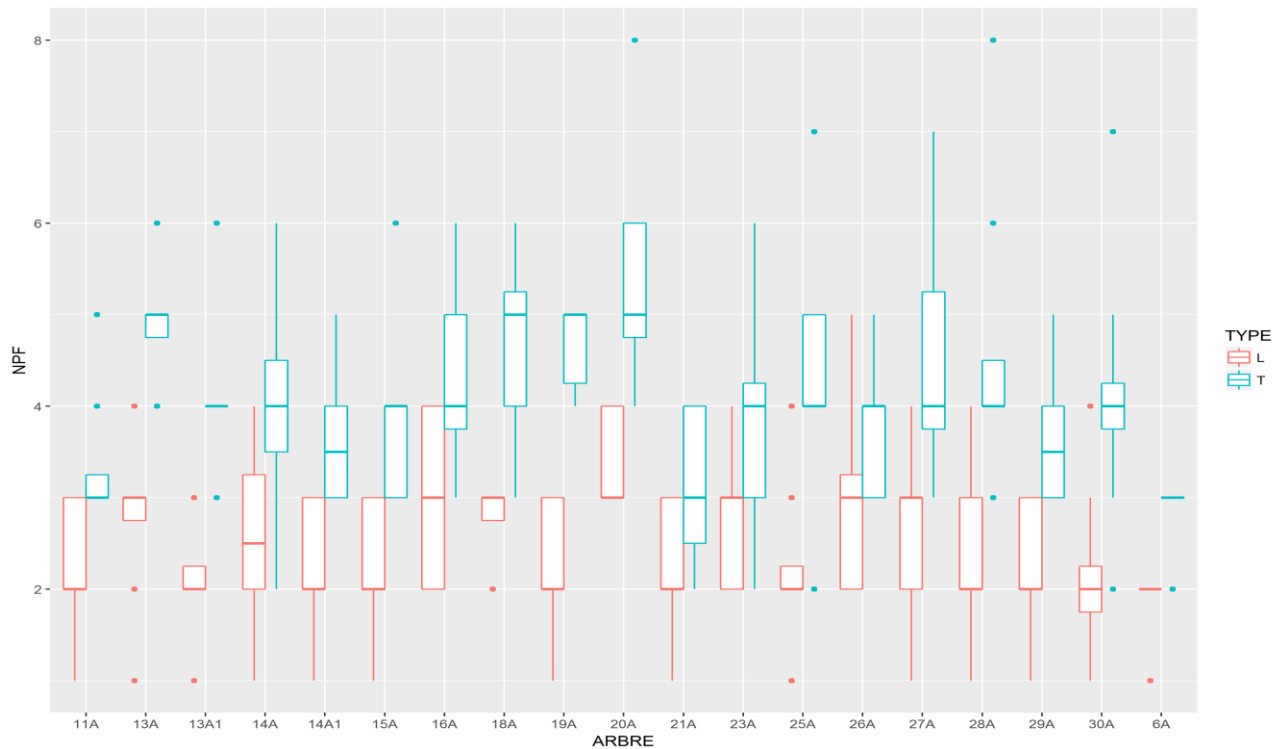


Figure 23 : Boxplot du nombre de paires de feuilles des rameaux terminaux et latéraux selon l'arbre.

La figure 23 nous montre une variabilité inter et intra-arbre du nombre de paires de feuilles. Quelque soit l'arbre, le nombre de paires de feuilles des rameaux terminaux est toujours plus grand que celui des rameaux latéraux. Le plus grand nombre est de 05 paires en moyenne chez l'arbre 20 pour les rameaux terminaux et de 03 paires pour les rameaux latéraux chez l'arbre 27.

1.2.4. Nombre de paires de samares selon l'exposition :

Les figures 24 et 25 nous montrent une variabilité inter-arbres dans la production des samares ainsi qu'une variabilité intra-arbre. En effet, nous avons enregistré une production de samares plus importante chez les rameaux latéraux que chez les rameaux terminaux.

Chez les rameaux latéraux, le nombre de paires de samares s'élève à 15 en exposition Sud chez l'arbre 27, l'Ouest chez 13A, l'Est et le Sud chez l'arbre 30. Il est entre 1 à 4 paires chez les arbres 23A, 14A, 13A1, 11A, 13A, 30A, 29A à différentes expositions, alors qu'il est de l'ordre de 4 à 9 à des expositions différentes chez les arbres 25A, 15A, 14A1, 19A, 29A, 6A.

Pour les rameaux terminaux, il est entre 1 à 4 paires chez les arbres 6A, 21A, 23A, 30A à des expositions différentes, alors qu'il est de l'ordre de 4 à 9 des expositions différentes chez les arbres 6A, 14A, 30A, 13A1, 25A.

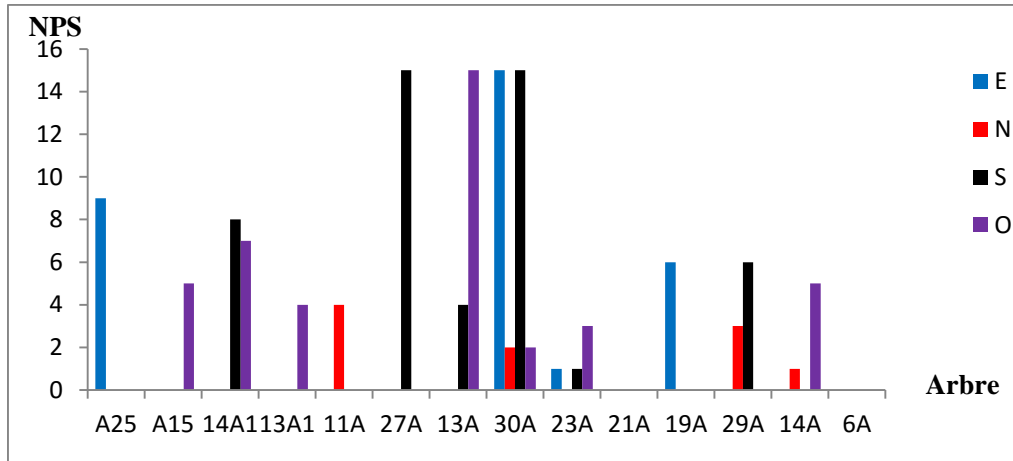


Figure 24: Nombre de paires de samares des rameaux latéraux selon l'exposition pour chaque arbre.

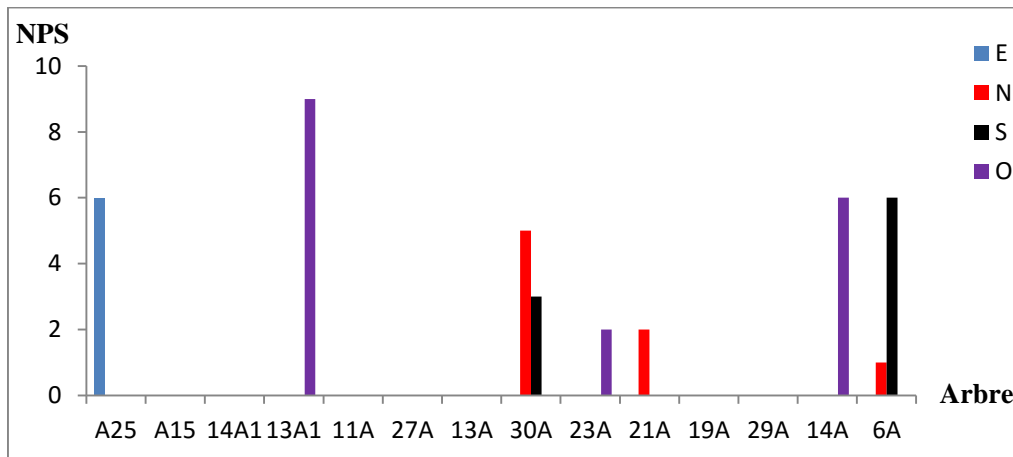
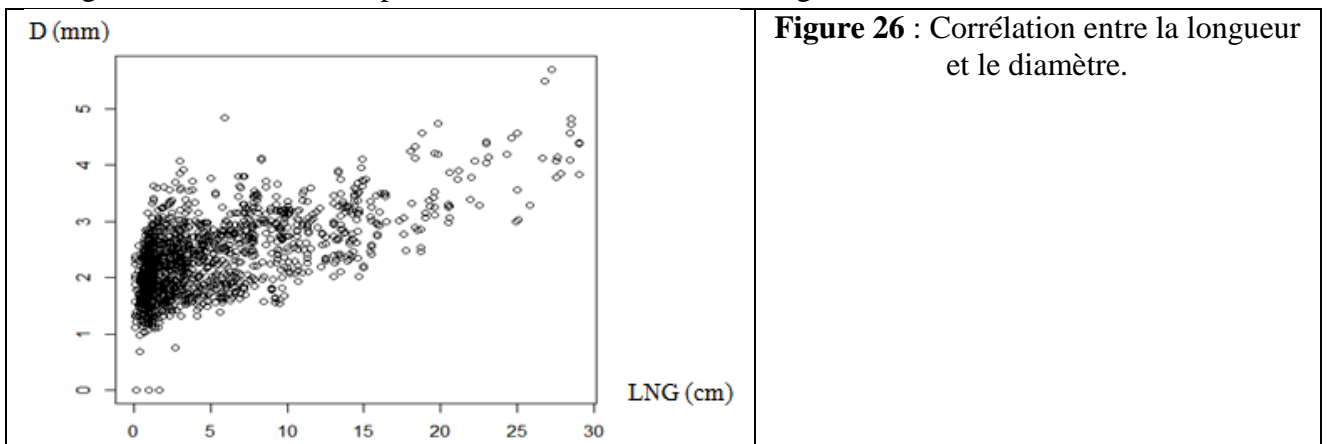


Figure 25 : Nombre de paires de samares des rameaux terminaux selon l'exposition pour chaque arbre.

1.2.5. Corrélation entre la longueur et le diamètre des rameaux

La figure 26 montre un lien positif entre le diamètre et la longueur du rameau.



La figure 26 nous montre une forte corrélation entre la longueur et le diamètre. En effet, le diamètre augmente avec l'élévation de la longueur.

2. Discussion

L'étude de la phénologie (débourrement et élongation) des rameaux de l'érable de Montpellier (*Acer monspessulanum*) au niveau de la station Djamaa Adharchi à Tala Guilef, l'inventaire réalisé sur site au cours du printemps 2017.

Nous avons effectué plusieurs sorties sur le terrain et un choix aléatoire a été effectué sur 19 pieds d'Erable de Montpellier; accessoirement nous avons noté le débourrement chez 4 Chênes vert (*Quercus ilex*), 7 cerisiers prostrés (*Prunus prostrata*) et 5 pieds d'Aubépine (*Crateagus monogyna*) de la même station. Les observations ont été réalisées du 30 Mars jusqu'à la dernière semaine du mois d'Avril 2017.

Après débourrement des bourgeons, nous avons suivi l'accroissement des rameaux en diamètre et longueur. Pour cela nous avons échantillonné sur les branches basses des 19 arbres de *A. Monspessulanum*, et par branche nous avons retenu 2 unités de croissance par orientation dont chacune comporte deux rameaux latéraux et un rameau terminal.

Nos observations phénologiques indiquent un décalage de la date du débourrement entre espèces à l'échelle d'une même station sous les mêmes conditions du milieu. En effet, à la quatrième semaine du mois de Mars, nous avons observé le stade des feuilles déployées chez *Prunus prostrata* et *Crateagus monogyna* alors que chez *A. Monspessulanum* et *Quercus ilex* les bourgeons étaient encore au stade fermé. Ce qui correspond aux observations de Differt, 2001 sur la date de débourrement de différentes espèces feuillues (hêtre, charme, etc.) et résineux (Pin, Mélèze).

Notre étude a montré une variabilité inter-individuelle chez *A. monspessulanum* pouvant aller jusqu'à un mois de décalage. Par exemple, le stade de feuilles déployées est atteint chez l'individu 21A le 30 Mars alors que chez les individus 15A et 14A1 ce stade n'est atteint que le 2 Mai. Selon Galoux (1966) et Comps et al. (1987) la précocité ou la tardiveté du débourrement est un caractère individuel.

Les différents stades phénologiques ne se sont pas réalisés à la même date ni entre arbres ni à l'intérieur d'un arbre, ce qui indique l'absence de synchronisation à ces deux échelles.

En ce qui concerne l'ordre de débourrement des bourgeons latéraux et terminaux au sein d'une même unité de croissance, nous ne l'avons pas examiné dans cette étude alors que Galoux (1966) a observé chez de jeunes hêtres et sur un même rameau long, un débourrement allant du bourgeons terminaux vers les bourgeons basilaires (latéraux).

Dans notre étude nous avons plutôt observé un chevauchement complet ou partiel des stades chez un même individu, ce qui indique sur une certaine variabilité intra-arbre. Ceci est une stratégie qui permettrait aux arbres forestiers de minimiser les risques des dégats occasionnés par les gelées précoces et tardives et les différentes attaques parasitaires sur les bourgeons (Kramar, 1997).

Nos résultats indiquent des différences de date de débourrement selon des facteurs liés à l'arbre, les bourgeons qui se trouvent dans la cime ont débourré plus précocement que ceux situés sur les branches plus basses. Ceci concorde avec les résultats de Lavarenne-Allary (1965) qui a remarqué que sur une même souche (de hêtre et de chêne), certains bourgeons apicaux commençaient à s'épanouir 2 semaines avant d'autres, et avec les résultats de Cointat (1959) qui a montré que les bourgeons éclatent d'abord en cime.

Selon nos observations la longueur et le diamètre moyen des rameaux terminaux sont supérieurs à ceux des rameaux latéraux. Ceci nous renseigne sur une différence d'allocation des ressources aux rameaux terminaux et latéraux. En effet, les premiers ont porté un nombre de paires de feuilles plus élevé que les seconds qui ont porté pour leur part un nombre plus élevé de paires de samares. Cette différence de la fonction des rameaux concorde avec les résultats de Yagi (2000) qui a observé chez les jeunes plants feuillus que les rameaux courts de l'année sont orientés vers la capture de la lumière et l'étalement des feuilles alors que les rameaux plus longs de l'année sont orientés vers l'expansion de la cime et l'acquisition de l'espace.

Notre étude n'a pas révélé de lien entre la date de débourrement et la longueur des rameaux. En effet, l'arbre A20 qui a été le plus précoce a réalisé une longueur moyenne (7,37cm) identique à celle des deux arbres les plus tardifs 14A1 et 15A (7,47 et 7,97cm respectivement). Fady et Vauthier (1991) chez *Abies* ont noté que la précocité du débourrement est nettement corrélée avec une faible croissance en hauteur.

En ce qui concerne la date de floraison, elle s'est réalisée au mois d'avril chez la plupart des arbres à l'exception de l'arbre A21 qui a été le plus précoce à fleurir.

Chikhaoui (2016) a trouvé chez l'érable de Montpellier une décroissance de la dimension des feuilles le long d'un rameau (avec les feuilles apicales plus petites que les basales). Elle a émis l'hypothèse que ceci serait dû à un temps de repos du bourgeon apical qui ne débourre qu'après une période considérable par rapport au bourgeon printanier comme mentionné chez le peuplier par (Critchfield, 1960). Toutefois, chez l'érable de Montpellier nos observations, ne confirment pas cette hypothèse du fait que nous n'avons enregistré aucune augmentation du nombre de paires de feuilles lors des observations hebdomadaires étalées du 2 mai au 17 juillet et toutes les paires de feuilles se sont développées au même temps.

La différence de dimensions des feuilles d'érable de Montpellier le long d'un rameau ne serait donc pas liée à un décalage dans la date de leur formation sur ce rameau, mais probablement à une allocation décroissante des ressources à leurs croissances le long d'un rameau.

Conclusion

L'étude phénologique de l'érable de Montpellier a porté sur le suivi des différents stades du débourrement et sur l'élongation des rameaux selon les arbres, les orientations et les unités de croissance (rameaux terminaux et rameaux latéraux).

Les résultats auxquels elle a abouti ont permis d'apporter une réponse à l'hypothèse de Chikhaoui (2016) sur la cause des différences de dimensions des feuilles le long des rameaux. Nous avons montré que la différence de taille n'est pas liée à une différence de date de formation des feuilles le long des rameaux.

L'étude a montré également une différence des fonctions des rameaux latéraux par rapport aux rameaux terminaux : les rameaux terminaux sont plus dimensionnés et portent un nombre plus élevés de paires de feuilles et un nombre moins élevé de paires de samares, inversement pour les rameaux latéraux.

En complément à cette étude nous proposons ce qui suit :

- Commencer le suivi phénologique vers la mi-Mars au lieu de la fin Mars ;
- Suivre le débourrement de chacun des deux types de bourgeons (terminal et latéral);
- Suivre la senescences des feuilles ;
- Etudier la morphologie des feuilles de chacun des deux types de rameaux.

Références bibliographiques

- Abdessemed, Kh., 1981:** Le Cèdres de l'atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans les massifs de l'Aurès et du Béleza. Etude phytosociologique, problèmes de conservation et d'aménagement. Thèse Doc. Ing., Univ. Aix Marseille III.
- Anderson, J.V., Chao, W.S., Horvath, D.P., 2001:** A current review on the regulation of dormancy in vegetative buds. *Weed Science Society of America*, 49(5):581-589 pp.
- Azira, F., 2001:** Contribution à l'étude phytosociologique des groupements à érables de la région centre d'Algérie. Thèse de magister, FSB, Univ.Houari Boumédiène 113p.
- Bradshaw, W. E., et Holzapfel, C. M., 2001:** Genetic shift in photoperiodic response correlated with global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **98**, 14509-14511 pp.
- Becker, M., 1977 :** Contribution à l'étude de la transpiration et de l'adaptation à la sécheresse des jeunes plants résineux. Exemple de 3 sapins du pourtour méditerranéen (*Abies alba*, *A. Nordmanniana*, *A. numidica*). *Annales des Sciences Forestières*, 34 (2), 137-158.
- Ben Yahia, K., Chaar, H., Bahri, S., Mhamdi, S., Soudani, K., Khouaja, A., Hasnaoui, B., 2016:** Phenological monitoring of cork oak in Kroumirie (northwest Tunisia) *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences An International Peer Review E-3 Journal of Sciences*.
- Chikhaoui, Z., 2015:** Analyse inter-stationnelle et interindividuelle de la morphologie des feuilles d'érables (*Acer monspessulanum* L. Et *Acer obtusatum* W. Et K.) au Djurdjura. Thèse de magister, Univ UMMTO. 67 p.
- Comps, B., Letouzey, J., et Savoie, J. M., 1987:** Phénologie du couvert arborescent dans une chênaie-hêtraie d'Aquitaine *Annales des Sciences Forestières*, 44, 153-170pp.
- Courbet, F., 1981 :** Contribution à la phénologie des espèces forestières. Influence des sommes de températures. D.E.A. Sciences Forestières- Université Nancy I.
- Critchfield, W. B., 1960:** Leaf dimorphism in *Populstrichocarpa*. *American Journal of Botany*. Vol. 47 N. 8 PP 699-711 pp.
- De Jong, P.C., 1976:** Flowering and sex expression in *Acer* L.A biosystematic study. Medelingen Landbouwhogeschool Wageningen, Nederland, 201 p.
- Delpech, R., Dumé, G., Galmiche, P., 1985:** Typologie des stations forestières. Vocabulaire. Ministère de l'Agriculture. Direction des Forêts. Institut pour le Développement Forestier, 243 p.
- Derory, J., 2005 :** Génomique et diversité du débourrement chez les chênes thèse en cotuelle. Ecole Doctorale Sciences du Vivant, Géosciences et Sciences de l'Environnement. l'Université des Sciences Agronomiques de Vienne, 361 p.
- Differt, J., 2001:** Phénologie des espèces arborées, synthèse bibliographique Analyse des données du Réseau National de Suivi à long terme des Ecosystèmes Forestiers (RENECOFOR).
- Fady, B., Vauthier, D., 1991 :** Variabilité du débourrement végétatif du sapin de Céphalonie (*Abies cephalonica* Loudon) en plantation *Annales des sciences forestières*, INRA/EDP Sciences, 48 (1),73-85 pp.
- Finkelstein, D., 1981 :** Influence des conditions d'alimentation hydrique sur le débourrement et la croissance de jeunes plants de Cèdres (*Cedrus atlantica* Manetti) cultivés en serre. *Ann.Sci.forest*, 38(4), 513-530pp.

Références bibliographies

- Galoux, A., Schnock, G., Grulois, J., 1967 :** La variabilité phénologique et les conditions climatiques. Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique, 100, 309-314pp.
- Galoux, A., 1966:** La variabilité génécologique du hêtre commun (*Fagus sylvatica* L.) en Belgique. Station de Recherches des Eaux et Forêts Groenendaal - Hoeilaart. Travaux Série A, 11, 123 pp.
- Hewitt, G., M. 2004:** A climate for colonization. Heredity 92:1-2.
- Huelber, K., Gottfried, M., Pauli, H., Reiter, K., Winkler, M., et Georg Grabher, G., 2006:** Phenological responses of snowbed species to snow removal dates in the central Alps: Implications for Climate Warming: Arctic, Antarctic, and Alpine Research, 38(1):99-103. University of Colorado.
- Khademi , H., Mehregan, I., Assadi, M., NejadSATARI, T., Zarre, SH., 2015:** Molecular phylogeny of *Acer monspessulanum* L. subspecies from Iran inferred using the ITS region of nuclear ribosomal DNA.
- Kramer, K., Leinonen, I., et Loustau, D., 2000:** The importance of phenology for the evaluation of impact of climate change on growth of boreal, temperate and Mediterranean forests ecosystems: an overview. International Journal of Biometeorology, 44, 67-75pp.
- Kramer, K., 1995:** Phenotypic plasticity of the phenology of seven European tree species in relation to climatic warming. Plant, Cell and Environment, 18,93-104pp.
- Kramer, K., 1994:** Selecting a model to predict the onset of growth of *Fagus sylvatica*. Journal of Applied Ecology, 31, 172-181pp.
- Kriebel, HB., Wang, CW., 1962:** The interaction between provenance and degree of chilling in bud-break of sugar maple. Silvae Genetica, 11, 125–130 pp.
- Kumar, S., Lalit, M., et Tewari., 2012:** Phenological studies of two tree species *Ilex dipyrrena* and *Acer oblongum* in nainital catchment, kumaun himalaya, International Journal of Science Technology et Management Vol. 2 et Issue 2.
- Keskitalo, J., Bergquist, G., Gardestrom, P., et Jansson, S., 2005:** A cellular timetable of autumn senescence. Plant Physiology 139:1635-1648pp.
- Lavarenne-Allary, S., 1965:** Recherches sur la croissance des bourgeons de chêne et de quelques autres espèces ligneuses. Annales des Sciences Forestières, 22, 1-203pp.
- Lebourgeois, F., Jean-Claude Pierrat, JC., Vincent Perez Christian Piedallu, VPC.,**
- Lebourgeois, F., et Godfroy, P., 2006:** Analyse de la variabilité spatiale et temporelle et du déterminisme climatique de la phénologie des peuplements du Réseau National de Suivi à Long Terme des Ecosystèmes Forestiers (RENECOFOR).
- Lebourgeois, F., Differt., J., Granier., Bréda., N., Ulrich., 2002:** Premières observations phénologiques des peuplements du réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers (RENECOFOR) Rev. For. Fr. LIV - 5.
- Louvieux, J., 2004:** Mesure de l'efficacité d'extraits d'algues sur la vigne (*Vitis vinifera* L.), en conditions contrôlées et au vignoble, validée par la mesure de l'activité photosynthétique et les analyses chimiques Ingénieur Agronome.

Références bibliographiques

- Malaisse, F., 1967:** Contribution à l'étude des hêtraies d'Europe occidentale. Note 6 : aperçu climatologique et phénologique relatif aux hêtraies situées sur l'axe Ardennes belges - Provence. 14^{erae} Congrès I.U.F.R.O., Munich 1967, II, section 21, 325-334pp.
- Malaisse, F., 1964 :** Contribution à l'étude des hêtraies d'Europe occidentale. Note 4 : quelques observations phénologiques de hêtraies en 1963. Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique. T97, 85-97pp.
- Maurice, R., 2015 :** Angiospermes arbres et arbustes feuillus leurs fleurs et leurs fruits. 231p.
- Mechergui, K., Jaouadi, W., et Khouja, M. L., 2016:** Dendroecology of Montpellier maple's population (*Acer monspessulanum*) from the North Africa region: Analysis of maple stations characteristics and natural habitat. <http://dx.doi.org/10.1080/11263504.2016.1255269>. 13p.
- Meddeur, R., 2010:** Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie: Exemple des groupements forestiers et préforestiers de la Kabylie Djurdjurienne. Thèse Doctorat, UMMTO, 397p.
- Mure, V., 1986 :** Comportement phenologique d'arbres plantes hors de leurs aires d'origine, et notamment de ceux changes d'hemisphere Eco. (Terre Vie), vol . 41.43pp.
- Nooden, L. D., S. Singh, and D. S. Letham., 1990:** Correlation of xylem sap cytokinin levels with monocarpic senescence in soybean. Plant Physiology **93**:33-39pp.
- Penuelas, J., Filella.I., 2001:** Phenology - Responses to a warming world. Science 294:793 pp.
- Quezel, P., et Médail, F., 2003 :** Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen, Paris, Elsevier, 2003, 572p.
- Quezel, P., et Santa, S., 1963:** Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales. Vol 2 C.N.R.S., Paris 1170p.
- Quezel P et Santa S., 1962:** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS éd., Paris, vol. 1.565p.
- Rameau, J.C., Mansion, D., et Dumé, G., 2008:** Flore forestière française: région méditerranéenne (Vol.3). Forêt privée française. 2432P.
- Rasamimanana., N, Ratsirarson.J., et Richard., A.F., 2012 :** Influence de la variabilité climatique sur la phénologie de la forêt de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly. Malagasy Nature, 6: 67-82pp.
- Rathcke, B. and E. P. Lacey., 1985:** Phenological patterns of terrestrial plants. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics 16: 179-214pp.
- Ricard. M.-P., 2014 :** Vérification de modèles phénologiques durant la dormance, des bourgeons de pommier et analyse de l'expression de gènes possiblement reliés à la dormance. Mémoire maîtrise en biologie Université du Québec à Montréal 88p.
- Ruml, M. et Vulic, T., 2005:** importance of phenological observations and predictions in agriculture. Journal of agricultural sciences vol 50 (2). 217-227pp.
- Schwartz, M. D., 2003:** phenology: An Integrative Environmental Science. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Sébastien, C., Ulrich, E., 2008 :** Déterminisme de la phénologie des forêts tempérées françaises : étude sur les peuplements du réseau Renecofor.

Références bibliographies

Visser, M. E., and L. J. M. Holleman., 2001: Warmer springs disrupt the synchrony of oak and winter moth phenology. Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences **268**:289-294 pp.

Vitasse, Y., 2009 : Déterminismes environnemental et génétique de la phénologie des arbres de climat tempéré: Suivi des dates de débourrement et de sénescence le long d'un gradient altitudinal et en tests de provenances Thèse en doctorat l'université bordeaux 1.

Westergaard, L., Eriksen, E.N., 1997: Autumn temperature affects the induction of dormancy in first-year seedlings of *Acer platanoides* L. Scandinavian Journal of Forest Research, 12, 11-16pp.

Yagi ,T., 2000: Morphology and Biomass Allocation of Current- year Shoots of Ten Tall Tree Species in Cool Temperate Japan. J. Plant Res. 113: 171-183pp,

Yahi, N., 2007: Les cédraies d'Algérie : phytosociologie, dynamique et conservation des peuplements. Thèse Doctorat sciencee, USTHB, Alger, 265p.

Résumé

Notre étude est une analyse phénologique du débourrement et de l'élongation des rameaux de *Acer monspessulanum* dans la station de Djamaa Adharchi (Tala-Guilef, Djurdjura Nord-Ouest).

Les différents stades de débourrement des rameaux ont été suivi hebdomadairement sur 19 pieds de *A. monspessulanum*, et quelques espèces du même milieu (*Quercus ilex*, *Prunus prostrata*, *Crateagus monogyna*) sur une période allant du 20 Mars au 20 Avril 2017.

Nous avons ensuite suivi l'élongation des rameaux de *A. monspessulanum* sur échantillonné 2 unités de croissance par orientation dont chacune comporte deux rameaux latéraux et un rameau terminal. Des mesures de longueur et de diamètre des rameaux ont été réalisées une fois par semaine du 2 Mai au 17 Juillet 2017.

Les résultats ont montré un décalage de la date du débourrement entre espèces à l'échelle d'une même station sous les mêmes conditions du milieu. Le débourrement a été plus précoce d'environ 09 jours chez *C. monogyna* et *P. prostrata*. Quant à *Cedrus atlantica* et *Quercus ilex* ils ont montré les débournements les plus tardifs.

Les résultats ont montré aussi une variabilité inter-individuelle chez *A. monspessulanum* pouvant aller jusqu'à un mois de décalage. La présence de différents stades de débourrement des bourgeons sur le même individu à une même date a été également observée.

La longueur moyenne et le diamètre moyen des rameaux terminaux sont toujours supérieurs à ceux des rameaux latéraux quel que soit l'exposition.

L'étude n'a pas montré de lien entre la date de débourrement et l'élongation des rameaux.

Une corrélation positive a été enregistrée entre la longueur et le diamètre tout arbre et tout type de rameaux confondus.

Le nombre de paires de feuilles est plus élevé chez les rameaux terminaux par rapport aux rameaux latéraux et inversement pour le nombre de paires des samares.

Mots clef: *A. monspessulanum*, Djurdjura, Tala-guilef, débourrement, phénologie, variabilité.