



HAL
open science

La biodiversité du peuplier noir à partir d'une étude biométrique des feuilles - Est-ce que la latitude influence la taille des feuilles de Peuplier noir ?

Marc M. Villar, Véronique Ranty, Annie Jacquemin

► To cite this version:

Marc M. Villar, Véronique Ranty, Annie Jacquemin. La biodiversité du peuplier noir à partir d'une étude biométrique des feuilles - Est-ce que la latitude influence la taille des feuilles de Peuplier noir ?. 2014. <hal-02798271>

HAL Id: hal-02798271

<https://hal.inrae.fr/hal-02798271v1>

Submitted on 5 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

La biodiversité du peuplier noir par l'analyse biométrique de ses feuilles

Est-ce que la latitude influence la taille des feuilles de peuplier noir ?

Un travail de chercheur réalisé par 26 élèves de seconde



Table des matières

1. Contexte du projet	3
a) Qui sommes nous	3
b) Le matériel d'étude	4
c) Le travail en groupe pendant les séances	4
2. Nos premières hypothèses	4
a) Les arbres ont besoin de lumière	4
b) Les feuilles réalisent la photosynthèse grâce à l'énergie lumineuse	5
c) L'énergie solaire reçue au sol dépend de la latitude	5
3. Préparation du matériel nécessaire pour notre étude	6
a) La récolte	6
b) Bilan de la journée	8
4. Acquisition et vérification des données	8
a) Compilation et vérification des données de terrain	8
b) Choix du logiciel pour calculer la surface de chaque feuille	9
c) Scan des feuilles	9
d) Vérification des mesures automatiques de surface	10
5. Traitement mathématique des données et premières conclusions	11
a) Test pour valider la récolte	11
b) Premiers calculs de moyennes	12
c) Second calculs de moyennes et de médianes	12
Surface moyenne en fonction de la latitude des lieux de prélèvement	13
Surface médiane en fonction de la latitude des lieux de prélèvement	13
d) Histogramme de répartition des feuilles en fonction de leur surface	14
6. Analyse des résultats du point de vue de la biologie	14

1. Contexte du projet

Le peuplier noir est une espèce de la ripisylve (arbres des bords de rivière) classée prioritaire au niveau national et européen dans les plans de conservation. Marc Villar, référent scientifique pour la France dans ce domaine de recherche, nous a proposé un travail collaboratif entre les élèves du lycée Jean Moulin de Saint Amand Montrond et son équipe de l'INRA à Orléans.

Le lycée participe au projet génome à l'école depuis la rentrée de 2011. La première partie de ce projet consiste à étudier la biodiversité du peuplier noir. A cette occasion Marc Villar, s'est déplacé dans notre établissement pour rencontrer les élèves de l'époque qui sont en terminale actuellement. Voir les témoignages de l'époque :

<http://lyc-moulin-st-amand.tice.ac-orleans-tours.fr/eva//sites/lyc-moulin-st-amand/IMG/UserFiles/Files/genome/Articles//marcvillar.pdf>

Il a alors proposé de faire des mesures sur les feuilles de peuplier pour essayer de reconnaître un peuplier noir sauvage d'un hybride. Pour cela il avait fourni des feuilles récoltées dans toute la France, c'est comme cela que l'histoire a commencé. Voir les premiers résultats de 2011.

<http://lyc-moulin-st-amand.tice.ac-orleans-tours.fr/eva//sites/lyc-moulin-st-amand/IMG/UserFiles/Files/genome/experimentation/feuilles/Temoignage%20Etude%20biom%C3%A9trique%20des%20feuilles%28bon%29.pdf>

C'est donc la troisième année que des élèves de seconde du lycée Jean Moulin travaillent avec M. Villar. Cette année, il a proposé à nos professeurs de faire en classe des mesures de feuilles de peuplier pour vérifier une intuition.

a) Qui sommes nous

Nous sommes un groupe de 26 élèves de seconde issus de trois classes. En septembre 2013, lorsque nous avons commencé le projet nous arrivions au lycée et nous ne nous connaissions pas. Nous nous voyons 1h30 par semaine dans le cadre de l'enseignement d'exploration « méthodes et pratiques scientifiques (MPS) ». Nous sommes encadrés par deux professeurs : Mme Jacquemin, professeur de mathématiques et Mme Ranty, professeur de SVT. Normalement nous devrions être tous ensemble avec un seul professeur par semaine, mais vu la quantité de travail à faire nous avons pris l'habitude de travailler en deux groupes toutes les semaines dans deux salles différentes pour avoir plus de place et plus de matériel (des ordinateurs par exemple).

b) Le matériel d'étude

Marc Villar a remarqué depuis longtemps qu'il y avait une différence dans la taille des feuilles de peuplier noir qu'il protège sur tout le territoire français. Il émet deux hypothèses : l'origine de cette différence est soit génétique soit liée à l'environnement.

Il réalise des boutures de peupliers récoltés du sud au nord de la France (de la Corse à l'Alsace) et les plante dans une pépinière localisée à Moncontour (près de Chinon).

Si les feuilles conservent leur taille originelle à leur environnement initial, alors les différences de taille repérées sont peut-être dues à des facteurs internes à la plante (génétique).

c) Le travail en groupe pendant les séances

Pendant nos séances de travail nous avons toujours travaillé en équipe pour :

- Préparer le matériel pour nos recherches
- Récolter les feuilles dans la pépinière et faire la connaissance de Marc Villar
- Prendre les mesures des feuilles (longueur du pétiole, largeur de la feuille)
- Retranscrire nos données sur un logiciel informatique (Excel, Google drive)
- Vérifier toutes nos données informatiques et enlever des erreurs éventuelles
- Scanner toutes les feuilles
- Mesurer les surfaces des feuilles à partir d'un logiciel
- Répondre à des problématiques
- Concevoir une bibliographie à partir de livres de lycée et universitaires
- Correspondre avec M. Villar
- Tenir notre « cahier de laboratoire ».

2. Nos premières hypothèses

Nous essayons de comprendre les paramètres qui peuvent influencer la taille des feuilles d'un arbre comme le peuplier noir.

a) Les arbres ont besoin de lumière

Nous avons appris en cours de SVT que les plantes fabriquent leur propre matière organique à partir d'eau, de sels minéraux et de CO₂ grâce à la photosynthèse. L'énergie nécessaire est fournie par le soleil.

b) Les feuilles réalisent la photosynthèse grâce à l'énergie lumineuse

L'énergie lumineuse est captée par la chlorophylle qui est un pigment contenu dans les feuilles.

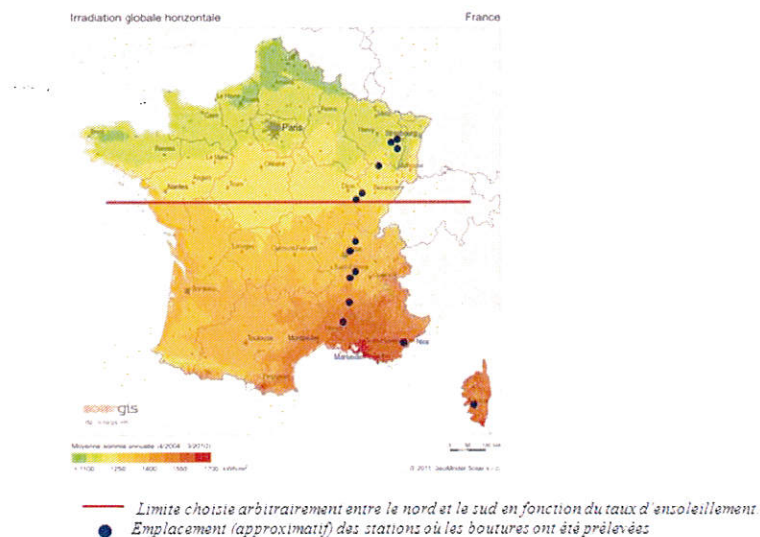
Cette dernière est utilisée pour produire de la biomasse c'est-à-dire pour construire les organes en croissance dont les feuilles font partie. On peut donc poser l'hypothèse que la taille des feuilles dépend de l'intensité de la photosynthèse. De plus, on a lu que lorsqu'une feuille de lierre est à la lumière elle est plus grande et plus épaisse qu'une feuille à l'ombre.

On s'attend en fait à ce que la taille des feuilles augmente avec la quantité d'énergie solaire reçue.

c) L'énergie solaire reçue au sol dépend de la latitude

Nous avons aussi vu que l'énergie solaire est reçue de manière inégale à la surface de la Terre. A l'Equateur, l'énergie solaire par unité de surface sera plus importante qu'aux hautes latitudes.

Aussi, nous avons essayé de savoir si elle variait selon les lieux de prélèvements des peupliers noirs. Pour cela nous avons écrit à M. Boisselier et à M. Toussaint, de la station météo de Bourges. Ils nous ont fait parvenir la carte suivante :



Moyenne annuelle d'irradiation globale

Nous constatons sur la carte qu'en France l'irradiation annuelle moyenne varie de 1100 à 1700 kWh/m². Le trait rouge situé à 46 ° de latitude nord délimite deux zones :

- « le nord » avec une moyenne annuelle d'irradiation globale inférieure à 1250 kWh/m²
- « le sud » avec une moyenne annuelle d'irradiation globale comprise entre 1250 et 1700 kWh/m².

Nous avons placé sur la carte les stations où les boutures ont été prélevées. Ainsi « au nord » il y a les stations de Chalon sur Saône, Strasbourg, Erstein, Gevry, Bayon et Rhinau et au « sud » celles de St Martin d'Ardèche, Fréjus, St Maurice de Gourdon, Bregnier-Cordon, Vaux en Vélin, Montélimar, Alex, Sagone et Vallebregues.

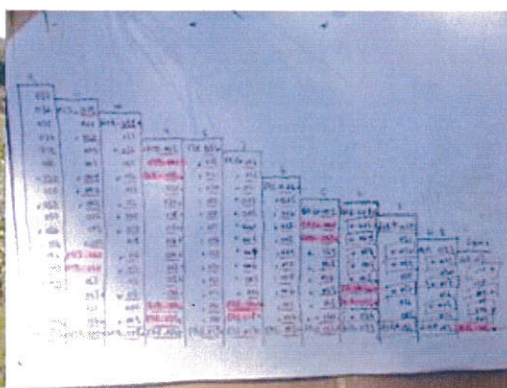
3. Préparation du matériel nécessaire pour notre étude

a) La récolte

Nous avons démarré le projet le vendredi 20 septembre 2013, sous la direction de Marc Villar et Olivier Forestier, ingénieur de l'Office National des Forêts. Nous sommes accueillis par le propriétaire de la pépinière Monsieur Lefèvre.



La pépinière de Moncontour.



Plan de la pépinière.

La veille, dans la pépinière, Marc Villar, a sélectionné 615 plants (signalés par de la rubalise) et sur chaque plant une feuille (signalée par un point rouge). Puis il a préparé 615 sachets avec le nom des plants. . Il y a entre 20 et 30 clones par station

Marc Villar a sélectionné deux plants par clones, nous avons donc deux feuilles (feuille -a et feuille -b) qui proviennent de deux boutures du même clone, c'est-à-dire du même arbre référent.

Marc Villar, nous a expliqué, la démarche à suivre pour récolter les feuilles de façon rigoureuse. En effet nous n'avons que quatre heures pour faire ce travail de récolte et de mesure.



Mesure du plant avec la règle d'arpenteur



*Mesure des feuilles et écriture sur le sachet
et dans le cahier de laboratoire*

Pour chaque plant signalé, il faut d'abord vérifier son étiquette (au pied du plant) avec celle du sachet dans lequel on rangera la feuille. Ensuite il faut mesurer la hauteur du plant à l'aide d'une règle d'arpenteur, puis mesurer la largeur de la feuille (LAF) et la longueur de son pétiole (LOP) et noter ces mesures sur le sachet.



La classe est divisée en quatre groupes de cinq personnes. Dans chaque groupe deux élèves mesurent le plant, notent la hauteur du plant sur le sachet et prélèvent la feuille au point rouge et la mettent dans le sachet, un élève apporte le sachet aux deux élèves qui vont faire les mesures et les noter sur le sachet. Travailler par deux permet de réduire les erreurs, un élève mesure et l'autre vérifie. Toutes les mesures sont reportées dans notre cahier de laboratoire pour une

vérification supplémentaire.

b) Bilan de la journée

Nous avons mis un peu de temps à nous organiser puis à devenir opérationnel dans la récolte. Ce travail demande de la concentration et de l'ordre, il faut vérifier constamment que l'on mesure bien le bon plant correspondant au nom sur le sachet.

Parfois il n'y avait pas de feuille au point rouge. Marc Villar nous a appris à choisir la bonne feuille : celle qui paraît la plus grande à environ 1,30 m de hauteur.

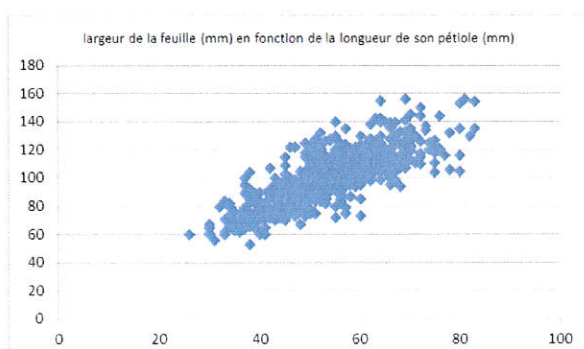
Un groupe s'est aperçu que le plant qu'il mesurait ne correspondait plus au nom du sachet. Olivier Forestier les a aidés à déterminer à partir de quel plant il y avait eu une erreur et ils ont recommencé toutes les mesures (une vingtaine).

4. Acquisition et vérification des données

a) Compilation et vérification des données de terrain

Nos professeurs ont ouvert un espace collaboratif sur Google Drive pour pouvoir entrer nos données dans un tableur tous en même temps. Pour vérifier qu'il n'y avait pas d'erreurs dans nos données, un élève, Ivan, a analysé la totalité du fichier en traçant le nuage de points donnant la largeur de la feuille en fonction de la longueur du pétiole.

Des points étaient très en dehors du nuage. Il a fallu rechercher ces feuilles, vérifier ses dimensions puis corriger les mesures dans le fichier ou bien les éliminer quand ce n'était pas possible de corriger (feuille perdue). Après correction il ne nous reste que 598 feuilles à scanner sur les 615 feuilles récoltées.



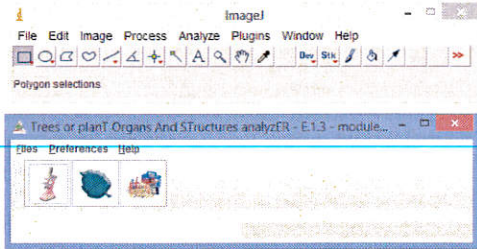
Nuage de point après correction des erreurs

Ce fichier nous sert de base pour la suite de notre étude.

b) Choix du logiciel pour calculer la surface de chaque feuille

Le logiciel utilisé, ImageJ avec le plug-in Toaster, nous a été proposé par Marc Villar qui l'a déjà utilisé pour d'autres travaux. L'intérêt de ce logiciel est qu'il peut calculer automatiquement les surfaces de plusieurs objets posés dans un même scan. Ce qui nous a permis de scanner ensemble les deux feuilles -a et -b d'un même clone.

Le logiciel accepte en entrée un dossier dans lequel on a rangé les scans des feuilles et donne en sortie l'aire, la largeur et la hauteur de chaque feuille, dans un fichier au format Excel.



	A	B	C	D	E	F	G
1	Image	Identifiant	Area	adjLength	adjWidth	circ.	
2	ERS-01	01_01	7210.903114	113.56158	96.45881	0.5363714	
3	ERS-01	02_01	7748.591916	117.866554	101.05877	0.57601714	
4	ERS-02	01_01	8478.658022	117.50897	109.86773	0.54268223	
5	ERS-02	02_01	6398.007195	107.87773	90.702095	0.5347305	
6	ERS-03	01_01	11106.63834	139.8871	128.51305	0.57672936	
7	ERS-03	02_01	12436.73211	142.77791	132.81435	0.5319055	
8	ERS-04	01_01	13900.45722	151.71988	142.41223	0.577211	
9	ERS-04	02_01	12861.40936	149.9651	136.35335	0.5678027	
10	ERS-05	01_01	6684.501153	106.33603	102.81866	0.52302307	
11	ERS-05	02_01	7896.401584	116.93139	106.28502	0.50228167	
12	ERS-06	01_01	10254.17764	134.65741	117.69632	0.49375698	
13	ERS-06	02_01	11429.79127	141.32674	129.76347	0.58379936	

Application ImageJ et le plugin Toaster

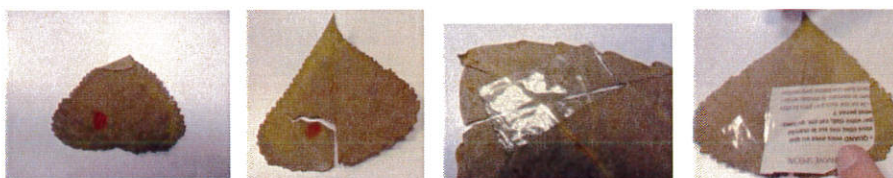
Fichier des mesures de surface calculées par Toaster

c) Scan des feuilles

Nous avons près de 600 feuilles à mesurer. Nous avons choisi de scanner toutes les feuilles pour pouvoir mesurer leur surface automatiquement à l'aide d'un logiciel.

Nous avons 4 scanners. Nous avons par groupes de deux, scanné des feuilles. Lors des scans, nous avons rencontré quelques problèmes, certaines feuilles étaient pliées (a) ou cassées (b) ou parfois les deux, car les feuilles en séchant deviennent très fragiles et peuvent donc facilement se casser. Pour remédier à cela, nous avons réparé les feuilles cassées (c) en scotchant les morceaux avant de les scanner.

Nous avons aussi remarqué à l'aide du logiciel « Image J » que parfois les feuilles avaient des trous ce qui pouvait compromettre les mesures des surfaces des feuilles donc nous avons comblé les trous à l'aide de papiers colorés (d) que nous avons scotché au dos des feuilles.



a)

b)

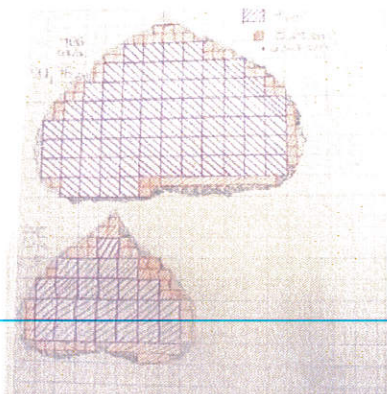
c)

d)

Il a fallu refaire les scans d'un peu plus de 50 feuilles.

d) Vérification des mesures automatiques de surface

Pour être sûr de la validité des mesures calculées par le logiciel ImageJ, quatre élèves ont mesuré à la main la surface de deux feuilles en les décalquant sur du papier millimétré. Ils ont ensuite comparé les résultats obtenus avec ceux donnés par le logiciel Toaster.



Mesure à l'aide du papier millimétré des surfaces de deux feuilles de peuplier

	feuille TBG 48/A	feuille FRE 01/A
Surface mesurée à la main en cm ²	91.76- 91.85 -91.72 - 92.17	40.68 - 40.94 - 41.08 - 41.37
étendue des mesures en cm ²	0.45	0.69
marge d'erreur	$\frac{0,45}{91,72} \times 100 = 0,5\%$	$\frac{0,69}{40,68} \times 100 = 1,7\%$
Surface donnée par Toaster en cm ²	92,11	40,85

L'étendue des valeurs est de 0,45 pour le calcul de la surface de la grande feuille, ce qui correspond à une erreur d'environ 0,5%. Pour le calcul de la surface de la petite feuille, l'étendue des valeurs est de 0,69 ce qui correspond à une erreur d'environ 1,5%.

Les marges d'erreurs sont faibles, on peut donc considérer que la vraie valeur de surface se situe parmi les valeurs calculées par les élèves.

Le logiciel Toaster nous donne des valeurs dans les plages en accord avec nos calculs. On peut donc considérer que les calculs automatiques de surface sont justes.

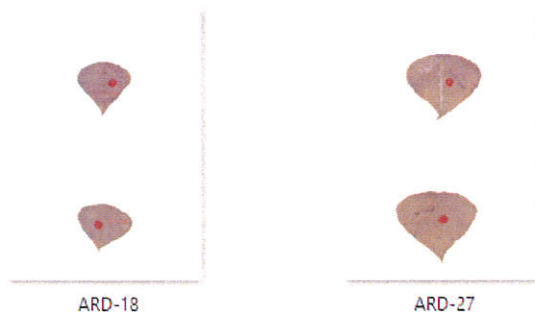
5. Traitement mathématique des données et premières conclusions

Nous avons travaillé par groupe de deux pendant deux séances pour le traitement des données. Puis dans une autre séance nous avons analysé les résultats et écrit nos premières conclusions. Il nous restera à corrélérer nos données avec les paramètres météorologiques que nous avons sélectionnés.

Tous les calculs sont réalisés avec le tableur Excel

- Calcul de la moyenne sur une population : $\bar{x} = \frac{x_1+x_2+\dots+x_n}{N}$. N est le nombre total de feuilles. La moyenne prend en compte tous les feuilles de la population.
- Calcul de médiane : On range les feuilles par surfaces croissantes. La surface médiane est la surface de la feuille du milieu de l'effectif. La médiane ne tient pas compte des valeurs extrêmes.
- Coefficient de corrélation : il donne une information sur la relation linéaire qui pourrait exister entre deux variables quantitatives. C'est un nombre compris entre -1 et 1. Proche de 1 (ou de -1) il peut exister une forte liaison entre les deux variables.

On va s'intéresser aussi la médiane car on a constaté qu'il pouvait y avoir des très grandes feuilles et des très petites feuilles dans une même station.

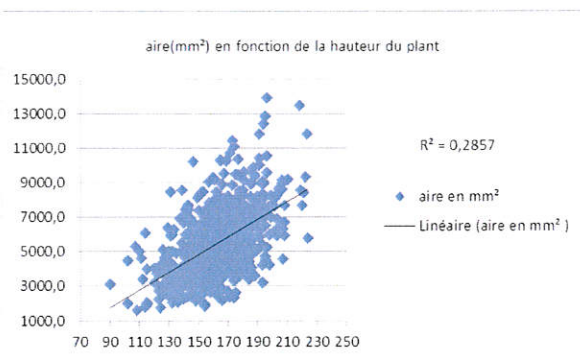


Feuilles provenant de la station ARD. ARD-18 : 20 cm² et ARD-27 : 39 cm²

a) Test pour valider la récolte

Marc Villar nous a informés que la taille des feuilles dépend globalement de la hauteur de l'arbre dans ces premiers stades de développement. Nous avons voulu vérifier si c'était le cas pour notre récolte.

Dans ce cas notre étude du lien surface de feuille en fonction de la latitude aurait été compromise. Nous avons tracé le nuage de points qui donne la surface de la feuille en fonction de la hauteur du plant.



Nuage de points représentant l'aire des feuilles en fonction de la hauteur du plant de récolte.

Nous avons ajouté une courbe de tendance linéaire, le coefficient de corrélation est de 0,5 environ. Donc il ne semble pas y avoir de lien entre la hauteur du plant et la taille de la feuille.

Les variations de surface ne peuvent pas être attribuées à la hauteur du plant.

b) Premiers calculs de moyennes

Surface moyennes des feuilles situées au « nord »	73 cm ²
Surface moyennes des feuilles situées au « sud »	43 cm ²

La surface moyenne des feuilles situées au nord est presque le double de celle des feuilles situées au sud.

Il y a bien une différence de surface entre les feuilles du nord et celle du sud.

Nous pouvons donc continuer l'étude en détaillant pour chaque station.

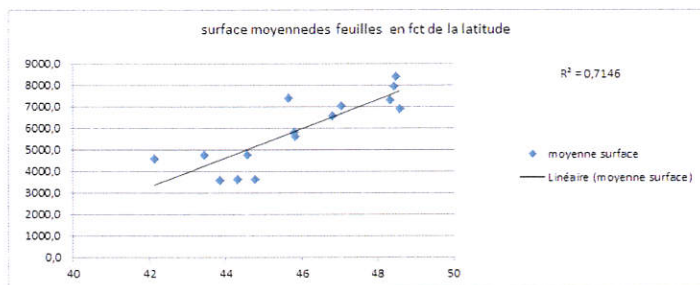
c) Second calculs de moyennes et de médianes

Pour chaque station nous avons calculé la surface moyenne et la surface médiane des feuilles. Nous avons remarqué que dans certaines stations, il y a des feuilles dont la surface est assez éloignée de la moyenne et on peut se demander si la surface médiane est plus représentative que la surface moyenne dans la population d'une station.

ABREVIATION	COMMUNES	LATITUDE EN DECIMAL	ALTITUDE	LONGITUDE	moyenne surface	surface minimale	surface maximale	surface mediane	nombre de feuilles
AIR	ST Maurice d	45,822	205	5,1956	5605,1	3232,8	10244,0	5740	28
ARD	ST Martin d'A	44,3	60	4,5663	3631,2	1936,1	5407,2	3745	30
ERS	Erstein	48,421	151	7,6616	7920,1	5028,8	13900,5	7188	30
FRE	Frejus	43,435	20	6,7369	4766,9	2765,4	7678,4	4353	58
GIR	Gevry	47,039	195	5,4436	7019,5	4797,8	10736,7	6674	22
HTR	Bregnier-Corr	45,6489	234	5,6203	7367,0	4481,6	10544,6	7355	28
MIJ	vaulx-en-Vali	45,787	170	4,9185	5800,2	3183,9	9870,7	5481	30
MOS	Elayon	48,475	250	6,3158	8391,2	6062,1	13468,0	8373	30
MTM	Montélimar	44,557	79	4,7508	4757,9	2689,4	8495,8	4620	60
RAM	Allex	44,763	124	4,9175	3619,5	1604,4	11855,3	3419	64
RHM+TBG	Rhinau	48,319	155	7,7033	7296,9	3138,9	11855,3	7397	38
SON	Chalon sur sa	46,7936	178	4,8527	6552,1	3517,9	9551,8	6334	38
STR	Strasbourg	48,584	132	7,7505	6886,9	5268,4	8885,1	6637	28
ULI	Sagone	42,113	20	8,7994	4547,5	2544,7	10324,5	4142	62
VAL	Vallabréguas	43,852	4	4,6283	3570,8	1744,2	6375,1	3680	51

Surface moyenne en fonction de la latitude des lieux de prélèvement

Nous avons tracé le nuage de points : surface moyenne des feuilles de chaque station en fonction de la latitude du lieu de prélèvement des boutures.

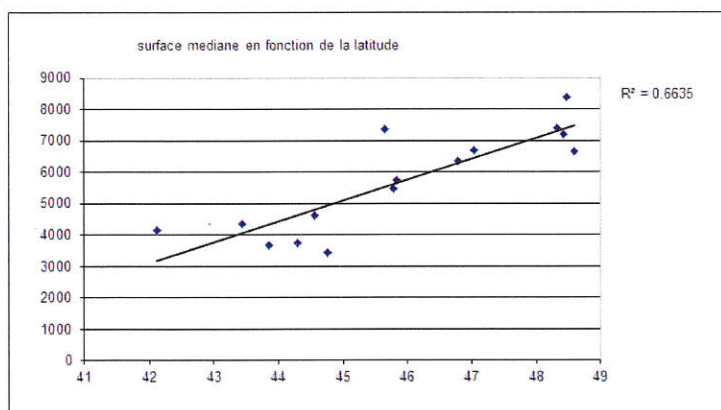


coefficient corrélation surface moyenne et latitude
0,84533524

On a affiché la courbe de tendance linéaire. Le coefficient de corrélation est de 0,84.

Le coefficient de corrélation est proche de 1 donc **on peut conclure qu'il existe un lien entre la surface des feuilles et la latitude.**

Surface médiane en fonction de la latitude des lieux de prélèvement

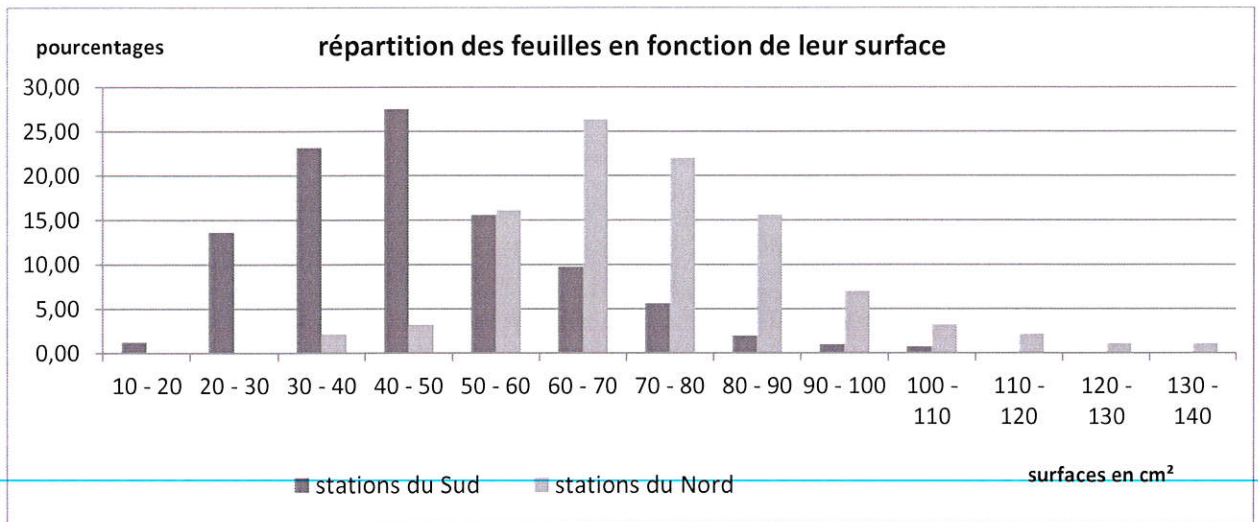


coefficient corrélation surface médiane et latitude
0,85405536

Le coefficient de corrélation est de 0,85. C'est à peu près le même que celui déterminé avec les surfaces moyennes.

On considère que la moyenne est un paramètre valable pour notre étude.

d) Histogramme de répartition des feuilles en fonction de leur surface



Les feuilles des stations situées du « sud » ont des surfaces comprises entre environ 20 cm² et 60 cm², alors que les feuilles des stations du « nord » ont des surfaces comprises entre environ 50 cm² et 90 cm²

Dans les stations du « nord », il n'y a aucune surface inférieure à 30 cm² mais près de 10% sont au-dessus de 110 cm². Alors que dans les stations du « sud », 15% de feuilles ont une surface inférieure à 30 cm² et aucune feuille n'a une surface supérieure à 110 cm²

Nous concluons que la répartition des feuilles en fonction de leur surface est globalement décalée vers les plus grandes valeurs pour les feuilles des stations du nord par rapport à celles du sud.

6. Analyse des résultats du point de vue de la biologie

Les résultats obtenus nous montrent qu'il existe une différence de taille entre les feuilles de peuplier noir selon la latitude : **Les feuilles du nord sont plus grandes que celles du sud.**

Cette différence existe alors que les arbres sont tous placés dans le même environnement. Donc la cause de cette différence est due à la plante elle-même et non aux conditions du milieu d'origine. Il pourrait s'agir de facteurs génétiques.

Cependant, ce ne sont pas les résultats que nous attendions : Les feuilles ne sont pas plus grandes lorsque l'énergie lumineuse est plus importante. Il faut donc aller chercher d'autres paramètres liés à la latitude.

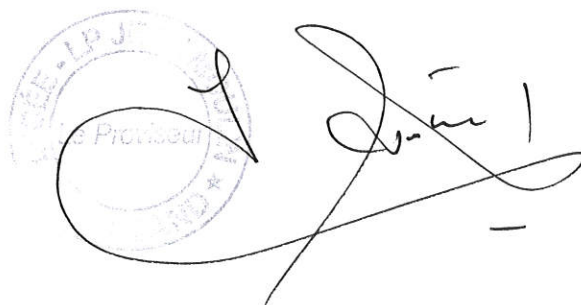
Nos professeurs nous ont informés que les scientifiques, avant de commencer un travail, lisent des articles dans les journaux scientifiques pour avoir accès aux connaissances démontrées par leurs prédécesseurs. C'est ce que nous avons fait pour essayer de comprendre. Pour cela nous avons utilisé des livres de SVT de lycée et des livres utilisés à l'Université

- Biologie, Campbell et Rice, 2004, Editions de boeck
- Botanique, biologie et physiologie végétales, Meyer, Reeb et Bosdeveix, 2004, Editions Maloine
- Sciences de la vie et de la terre, Terminale S, Lizeaux et Baude, 2012, Editions Bordas.

Le nouveau facteur du milieu qui a attiré notre attention est la **température**. Nous avons appris que dans les milieux très chaud les plantes ont de petites feuilles ce qui limite la perte d'eau. En effet, les feuilles possèdent des structures appelées stomates qui permettent d'échanger les gaz avec l'atmosphère mais aussi d'évacuer l'eau : les plantes transpirent.

Nous avons donc demandé à la station météorologique de Bourges de nous fournir les **mesures mensuelles de températures** dans les stations proches des lieux de récolte.

Nous allons essayer de corréler les surfaces mais aussi les autres mesures dont nous disposons (longueur, largeur,...) avec la température.



S. MARTINAT