



Guide technique

Qualité des grumes issues des chablis de peuplier suivant le mode de conservation

Etude réalisée avec le soutien financier

*Du SerFoB Aquitaine, des régions Aquitaine et
Midi-Pyrénées*



REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier l'ensemble des propriétaires forestiers qui ont participé à cette étude en mettant à disposition leurs parcelles de peupliers chablis.

Nous tenons aussi à remercier les industriels partenaires du projet (Garnica Plywood France, Ets Péré, Xilofrance) qui ont, dans un contexte économique difficile, accepté de réaliser les essais industriels permettant l'évaluation de la qualité du bois des peupliers chablis.

Ont contribué à cette étude :

- **Pilote :**

FCBA

- **Comité de pilotage, prélèvements, soutien logistique :**

COFOGAR

CRPF Aquitaine

CRPF Midi-Pyrénées

FCBA

Garnica Plywood France

GIPA

I.D.F.

Péré Ets

Xilofrance

- **Essais (Sites Industriels) :**

Garnica Plywood France

Péré Ets

Xilofrance

- **Logistique ; Stockage :**

COFOGAR

SOMMAIRE

1.	Introduction	4
2.	Conservation de grumes chablis laissées <i>in situ</i>	5
2.1	Protocole	5
2.2	Parcelles retenues.....	7
2.3	Résultats des suivis <i>in situ</i>	8
2.4	Essais industriels.....	13
2.5	Recommandations techniques	16
3.	Stockage de billons sous aspersion	17
3.1	Protocole	17
3.2	Analyse de la reprise d'humidité sur aire expérimentale	19
3.3	Résultats des suivis d'humidité sur sites industriels.....	21
3.4	Essai de déroulage industriel.....	23
3.5	Recommandations techniques	24
4.	Stockage de billons par immersion.....	25
4.1	Protocole	25
4.2	Résultats	26
4.3	Recommandations techniques	33
5.	Conclusion de l'étude.....	34
	ANNEXE.....	35

1. Introduction

Suite à la tempête Klaus de janvier 2009, un demi-million de m³ de grumes de peuplier se sont retrouvées sous forme de chablis en Aquitaine et Midi-Pyrénées. Leur exploitation devant s'étaler sur une période assez longue, un suivi de l'évolution en temps réel de la qualité des grumes s'est avéré nécessaire pour optimiser l'exploitation et la transformation industrielle.

Par ailleurs, les opérateurs économiques (coopératives forestières, exploitants et sites industriels d'emballage et de contreplaqué), faute d'expérience, ont plutôt choisi de renoncer à une conservation massive par voie humide de cette essence réputée fragile. De fait les lots stockés par voie humide ont été modestes (20 000 Tonnes), mais ont offert la possibilité d'un suivi qualitatif expérimental de nature à améliorer les connaissances pour des opérations de stockage futur.

Le projet PopuKlaus a permis de mettre en œuvre des suivis qualitatifs non destructifs d'une part *in situ*, pour les chablis partiellement enracinés dès le printemps 2009 et d'autre part, pour des lots de grumes conservés par voie humide selon deux techniques : l'immersion et l'aspersion.

Les données recueillies sur l'évolution de la qualité des chablis *in situ* ont été diffusées en temps réel sur le site internet de la DRAAF Aquitaine. Les expériences de stockage par voie humide nous ont renseignés sur l'évolution précise des propriétés de base du bois, selon la technique de conservation choisie, le type de cultivar et la durée de conservation. Les lots stockés ont été évalués sur plan industriel (déroulage et qualité des produits transformés) à différentes périodes.

Les informations recueillies ont apporté un appui technique à la profession et ont permis d'optimiser l'utilisation du peuplier chablis après la tempête Klaus en vallée de la Garonne, en informant en temps réel les opérateurs économiques sur l'évolution de la qualité des bois.

Ce guide technique est une synthèse de ces informations. Il fait le point sur les connaissances acquises pour la gestion qualitative des chablis de peuplier : conservation *in situ* et stockage des grumes par voie humide (arrosage ou immersion).

2. Conservation de grumes chablis laissées *in situ*

2.1 Protocole

Un réseau de 5 parcelles permanentes de suivi de chablis peuplier, issu de la tempête de janvier 2009, a été constitué. Composé initialement de trois sites pour le cultivar I-214, un pour I-45/51 et un pour Dorskamp, le réseau a été complété, suite à l'exploitation de 4 des 5 parcelles du réseau, par une parcelle supplémentaire (2 cultivars suivis I-214, I-45/51). Sur chaque site, 5 arbres chablis déracinés, par cultivar, ont été sélectionnés (soit initialement 25 arbres suivis).

Lors de chaque suivi, des prélèvements ont été réalisés sur deux arbres témoins supplémentaires (cultivar I-214) : un arbre sur pied et un arbre chablis tronçonné à la base (c'est-à-dire séparé de la souche).

↳ **Suivis qualitatifs non destructifs**

Sur une durée d'un an, d'avril 2009 à avril 2010, 18 suivis qualitatifs ont été réalisés. Ces suivis consistaient en :

- une observation de l'état sanitaire des arbres : dépérissements, attaques d'insectes ou de champignons, dessèchements locaux, perte d'écorce, état du feuillage et départ de gourmands.
- un prélèvement de copeaux (par percement dans le sens radial à l'aide d'une mèche de 20 mm de diamètre), afin d'effectuer des mesures de l'humidité et de couleur du bois, au laboratoire. Deux niveaux de hauteurs sont analysés (base de l'arbre, entre 1,5 m et 2, 5 m, et haut de l'arbre, 2 m avant la découpe 20 cm) et pour chaque niveau deux expositions au soleil sont étudiées (face de la grume au soleil ou à l'ombre). La présence de faux cœur est suivie uniquement pour le prélèvement à la base de l'arbre. Les trous de prélèvements ont été rebouchés avec de la mousse polyuréthane pour éviter les infiltrations d'eau et le dessèchement.



Figure 1 : Méthode de prélèvement des échantillons de bois et rebouchage des zones de prélèvement avec de la mousse polyuréthane

Les mesures d'humidité ont été réalisées par dessiccation à l'étuve (103°C) suivant la norme NFB 51-004. La formule utilisée pour le calcul du taux d'humidité est la suivante :

$$\text{Taux_d'humidité} = \frac{\text{Masse humide} - \text{Masse anhydre}}{\text{Masse anhydre}}$$

L'humidité est mesurée car c'est un très bon indicateur des risques de dégradation du bois par des champignons. Au-dessus de 120% d'humidité, il n'y a pas de risques d'attaques (pas d'oxygène disponible dans le bois pour permettre leur développement). Entre 100 et 120% les risques sont moyens et ils sont élevés quand l'humidité du bois est inférieure à 100%.

Une humidité du bois importante est aussi nécessaire pour assurer une bonne transformation du bois, en particulier pour le déroulage. L'effort de coupe augmente du simple au double entre un bois saturé en eau (humidité supérieure à 100%) et un bois sec à l'air (15% d'humidité), et l'état de surface des bois peut s'en trouver fortement dégradé.

La couleur du bois a été mesurée à l'aide d'un spectrocolorimètre sur des copeaux prélevés dans l'aubier et dans le faux-cœur. Les résultats sont exprimés dans le système CIE L*a*b* :

- la composante L* est la clarté, qui va de 0 (noir) à 100 (blanc) ;
- la composante a* représente la gamme de l'axe rouge (valeur positive) → vert (négative) en passant par le gris (0) ;
- la composante b* représente la gamme de l'axe jaune (valeur positive) → bleu (négative) en passant par le gris (0).

Seule la clarté, composante la plus importante d'un point de vue qualitatif pour le peuplier, sera analysée par la suite (plus le bois est clair, meilleure est sa qualité).

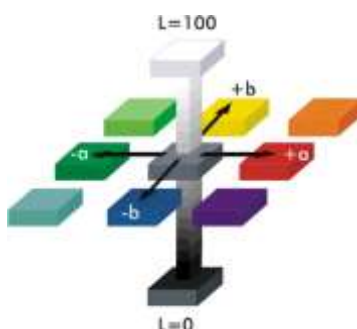


Figure 2 : Système de notation de la couleur (CIE L*a*b*) mesurée au spectrocolorimètre

➤ **Suivis destructifs**

A la fin des suivis, en avril 2010, des billons ont été prélevés sur les arbres restant afin d'estimer leur aptitude au déroulage. Sur chaque arbre, 2 billons de 1,20 m de long ont été prélevés, un à la base et un à la cime de l'arbre. Les essais de déroulage ont été réalisés aux Ets PERE frères. Les paramètres suivants ont été relevés lors des essais de déroulage : humidité, couleur, état de surface des placages (cf. Figure 3, grille de notation).

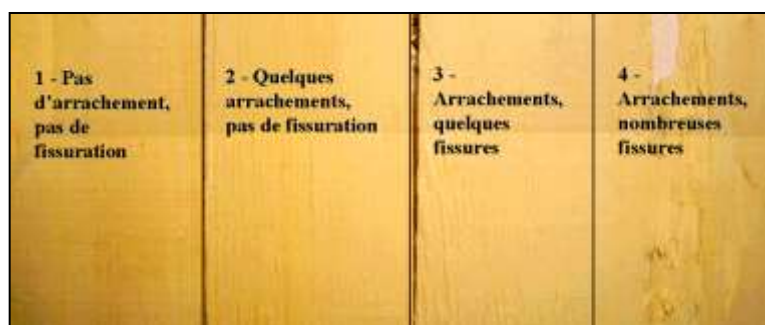


Figure 3 : Grille de notation de la qualité des placages

2.2 Parcelles retenues

Le tableau ci-dessous regroupe les données dendrométriques moyennes des parcelles de peupliers chablis retenues.

Parcelle	Cultivar	Circonférence moyenne à 1,30 m (cm)	Exposition	Hauteur moyenne découpe 20 cm (m)	Période de suivi
Tonneins 1	Dorskamp	142	Totale	16,5	Avril 2009 / Mai 2010
Tonneins 2	I-214	107	Totale	13,0	Avril 2009 / octobre 2009
Coussan	I-214	115	Totale	14,5	Avril 2009 / octobre 2009
Argenton 1	I-214	111	Totale	8,7	Avril 2009 / octobre 2009
Argenton 2	I-45/51	104	Totale	11,8	Avril 2009 / décembre 2009
Malause	I-214 I-45/51		Partiellement couvert par la végétation		Suivie de janvier à mai 2010 en remplacement des parcelles exploitées

Figure 4 : Données dendrométriques moyennes des parcelles retenues

Une seule parcelle (avec le cultivar Dorskamp) située à Tonneins, a été suivie sur toute la durée de l'étude. Quatre parcelles ont été exploitées avant la fin de l'étude : les 3 parcelles de I-214 situées à Tonneins, Coussan et Argenton ont été exploitées après 6 mois de suivis et la parcelle de I-45/51 située à Argenton a été exploitée après 8 mois de suivis. Pour remplacer ces parcelles exploitées, une parcelle située à Malause avec les cultivars I-214 et I-45/51 a été sélectionnée puis suivie de janvier à avril 2010. Cette parcelle suivie à la fin de l'étude était, du point de vue de l'exposition au soleil, différente des précédentes, avec des chablis diffus, couverts partiellement, soit par les arbres restants, soit par une végétation importante,

contrairement aux autres parcelles dont les arbres étaient totalement exposés au soleil. Cette différence, qui aurait pu être dommageable, s'est avérée finalement très informative en nous permettant d'étudier l'influence de l'exposition au soleil.



Figure 5 : Localisation des parcelles suivies au cours de l'étude

2.3 Résultats des suivis *in situ*

☞ Défoliation

La défoliation des chablis a été suivie sur les 5 premières parcelles d'avril 2009 à novembre 2009. La Figure 6 donne l'évolution de la défoliation en fonction du temps.

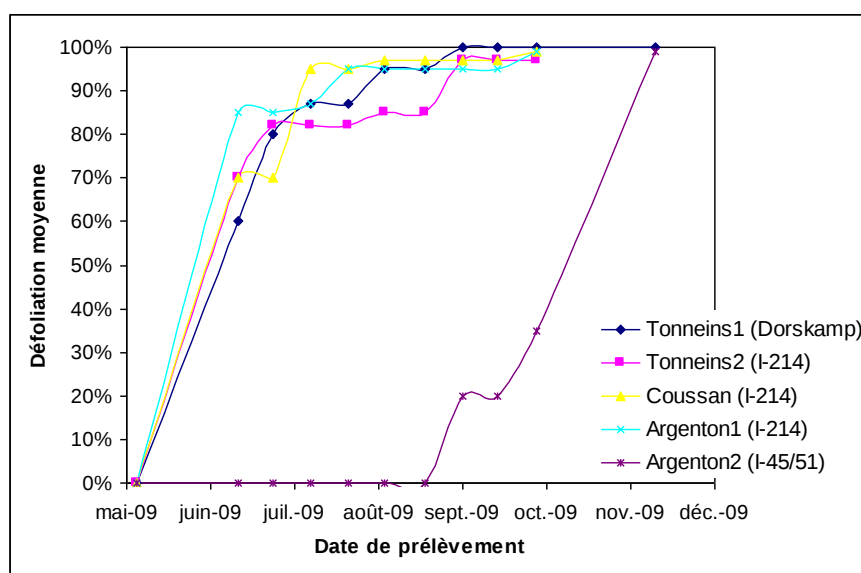


Figure 6 : Taux de défoliation moyen des peupliers chablis par parcelle en fonction de la date du suivi

Au démarrage des suivis, tous les cultivars étaient feuillés à 100%. La défoliation a ensuite été très rapide pour 4 des 5 parcelles suivies : 70% en moyenne en juin 2009, 85% en juillet et proche de 100% après l'été en septembre, traduisant le stress hydrique subi par les arbres renversés. Par contre, les chablis du cultivar I-45/51, sur une parcelle située à Argenton, sont restés feuillés jusqu'à l'automne. Cette parcelle, ne bénéficiait pas d'une meilleure alimentation en eau que les autres. Cette meilleure résistance au stress hydrique semble donc fortement liée à la nature du cultivar I-45/5, réputé rustique avec une consommation en eau plus faible que d'autres cultivars.



Figure 7 : Parcelles suivies, chablis totalement exposés au soleil (à gauche) ou avec couverture végétale partielle (à droite)

📌 **Humidité**

L'humidité des chablis a été mesurée par prélèvement de copeaux dans l'aubier et le faux cœur de chaque arbre suivi. La Figure 8 donne l'évolution moyenne par parcelle.

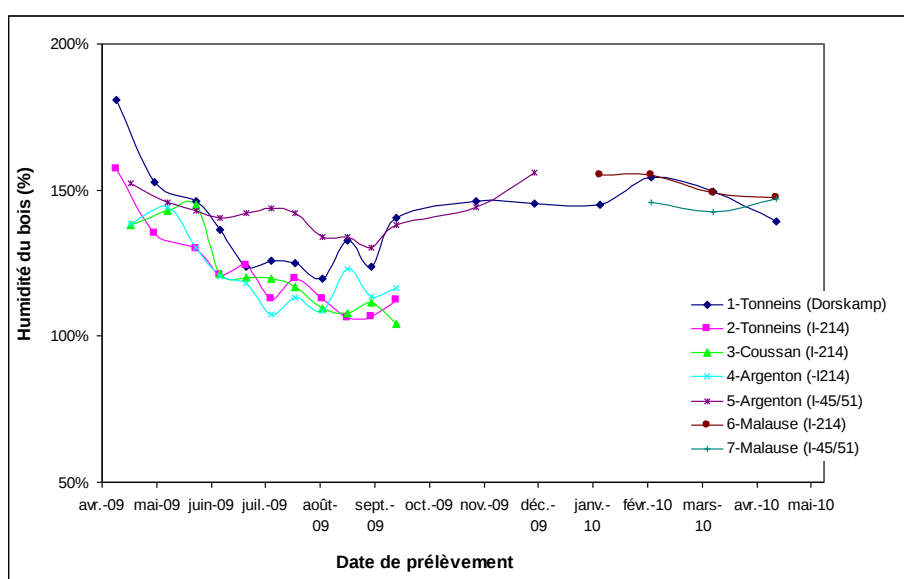


Figure 8 : Evolution dans le temps de l'humidité des arbres chablis par parcelle

On constate, pour les 3 parcelles du cultivar I-214 initialement suivies, une diminution rapide de l'humidité. De 150% en moyenne en avril 2009, on atteint 110% après l'été en septembre 2009. Pour la parcelle de Dorskamp, la diminution est tout aussi rapide durant le printemps et l'été mais les valeurs se stabilisent à un niveau légèrement supérieur (120%). L'humidité des arbres sur la parcelle du cultivar I-45/51 est par contre restée plus stable, même durant l'été. Après septembre, on note une remontée de l'humidité pour la parcelle de Dorskamp certainement liée à un comportement en éponge du bois dégradé (le bois ayant séché, il s'est dégradé et absorbe alors de nouveau de l'eau lors des périodes humides).

Pour la parcelle de Malause, dernière parcelle suivie, 1 an après la tempête, les niveaux d'humidité sont bons, les arbres sont restés « vivants » puisque partiellement protégés des rayons du soleil. Les 2 cultivars suivis, I-214 et I-45/51, ont des humidités proches de celles du bois vert, plus d'un an après la tempête.

Les échantillons prélevés sur les chablis ont été séparés entre les copeaux d'aubier et de faux cœur. Le graphique ci-dessous donne, pour les deux localisations de copeaux, l'évolution de l'humidité par cultivar.

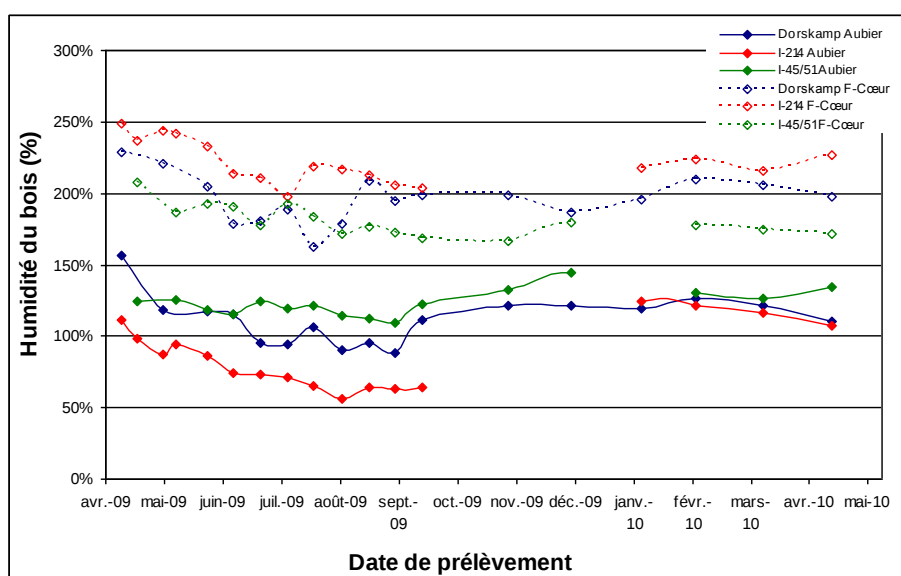


Figure 9 : Evolution dans le temps de l'humidité de l'aubier et du faux-cœur des arbres chablis, par cultivar

On retrouve classiquement la forte différence d'humidité entre le faux cœur et l'aubier. En avril 2009, l'humidité du bois était comprise entre 200 et 250% pour le faux cœur et entre 120 et 160% pour l'aubier.

Pour les 3 cultivars suivis, l'humidité du faux cœur diminue ensuite durant l'été, mais en restant à des niveaux très élevés, en moyenne toujours supérieure à 150%. Le faux cœur est donc protégé des risques de dégradation par les champignons. L'eau au cœur du billon ne s'évacue pas.

Le comportement de l'aubier est très différent. Pour les parcelles exposées au soleil, il sèche très rapidement. Pour le cultivar I-214, l'humidité du bois est inférieure à 100%, dès le mois de mai, avant même le début de l'été. Les arbres du cultivar Dorskamp sèchent moins rapidement, mais atteignent une humidité inférieure à 100% durant l'été. Seuls les chablis de I-45/51 gardent une humidité de l'aubier supérieure à 100% tout au long du suivi. Pour les parcelles partiellement exposées au soleil, l'aubier garde une humidité supérieure à 100%.

Les observations ci-dessus nous permettent de tirer les conclusions suivantes sur les facteurs ayant un impact sur l'évolution de l'humidité :

- 1. Conditions climatiques** : une évidente diminution de l'humidité est observée pendant la période printemps-été. Cependant, il existe une forte hétérogénéité de l'humidité intra-billon. Cette diminution se concentre dans l'aubier, à la périphérie des grumes. L'humidité du faux cœur, très élevée naturellement est restée supérieure à 150% pendant l'année des suivis.
- 2. Exposition au soleil** : la perte d'humidité est plus importante pour les chablis les plus exposés. Les chablis diffus suivis (abrités) avaient une humidité proche de celle du bois frais, un an après la tempête.
- 3. Effet cultivar** : Certains cultivars résistent mieux à la perte d'humidité que d'autres. Le cultivar I-45/51 étant plus résistant que le Dorskamp, lui-même plus résistant que le I-214.
- 4. Feuillage et présence de gourmands** : Ils sont un bon indicateur du niveau d'humidité et de la vitalité des chablis.

🔗 **Clarté du bois**

La clarté de tous les échantillons prélevés a été mesurée. Le graphique ci-dessous donne l'évolution de la clarté moyenne par parcelle. Cette évolution est assez surprenante, la clarté diminuant fortement pour les 5 parcelles initialement suivies.

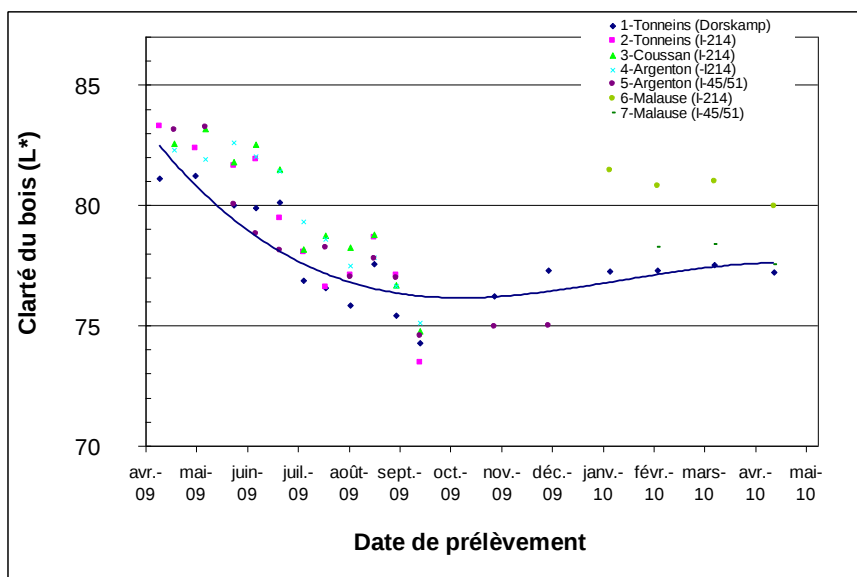


Figure 10 : Evolution dans le temps de la clarté du bois des arbres chablis par parcelle

La clarté du bois est en moyenne de 82 au début des suivis (avril 2009) et elle atteint 76 après l'été, en septembre 2009, puis se stabilise. Il ne semble pas y avoir de fort effet de l'exposition des bois au soleil ou du cultivar, contrairement à l'humidité.

Cette évolution, assez surprenante, peut être due à une oxydation progressive du bois qui serait liée au stress hydrique de l'arbre. En effet, tous les peupliers sont confrontés à un stress hydrique dès qu'ils sont renversés. Ce stress hydrique de l'arbre chablis déclenche des réactions pour limiter la dépense en eau, réactions qui pourraient être à l'origine de la modification de la couleur du bois.

L'évolution séparée de la couleur de l'aubier et du faux-cœur est donnée sur la Figure 11.

La diminution moyenne de la clarté est principalement liée à une modification de la clarté de l'aubier. La clarté du faux-cœur, déjà faible pour le bois frais, ne diminue que très faiblement. A la fin de l'été 2009, soit 8 mois après la tempête, la clarté moyenne de l'aubier des chablis est proche de celle du faux cœur. Le bois est donc dégradé.

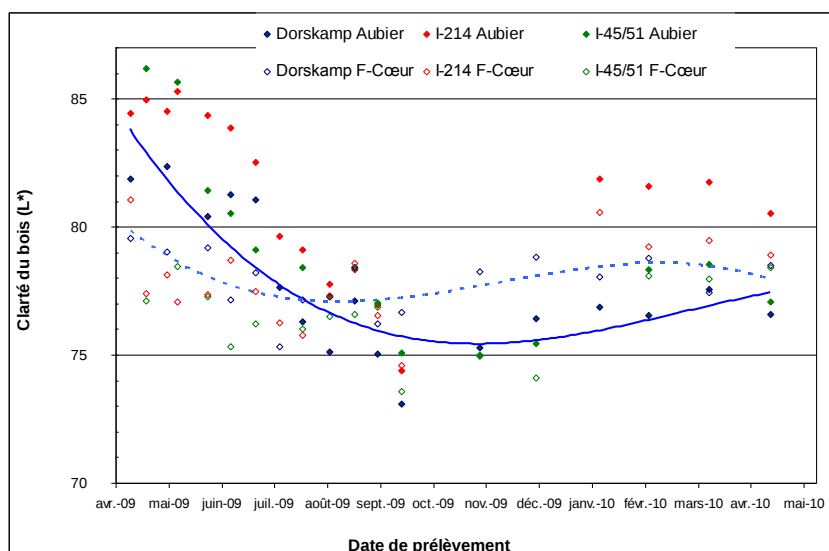


Figure 11 : Evolution dans le temps de la clarté de l'aubier et du faux cœur, des arbres chablis, par parcelle

2.4 Essais industriels

Pour confirmer au plan industriel les observations réalisées sur les parcelles chablis, de manière non destructive, les arbres ont été exploités à la fin des suivis. En avril 2010, 1 an après la tempête, 2 parcelles étaient encore suivies : Tonneins avec le cultivar Dorskamp et Malausc avec les cultivars I-214 et I-45/51 (cf. Figure 4).

Sur les 5 arbres suivis sur chacune de ces parcelles 2 billons ont été prélevés (un à la base et un à la cime) puis déroulés aux Ets PERE, 4 mois après l'arrêt des suivis (soit 16 mois après la tempête de février 2009).

L'aspect des chablis, 16 mois après la tempête, est illustré par les photos ci-dessous. Sur la parcelle de Tonneins fortement exposée au soleil, les chablis ont séché, l'écorce est fissurée.



Figure 12 : Parcelle de Tonneins, aspect des bois 16 mois après la tempête

Sur la parcelle de Malause, les chablis protégés ont de nombreux gourmands et l'écorce est adhérente.



Figure 13 : Parcelle de Malause, aspect des bois 16 mois après la tempête

➤ Humidité des bois déroulés

L'humidité des bois a été mesurée sur les placages en sortie du déroulage.

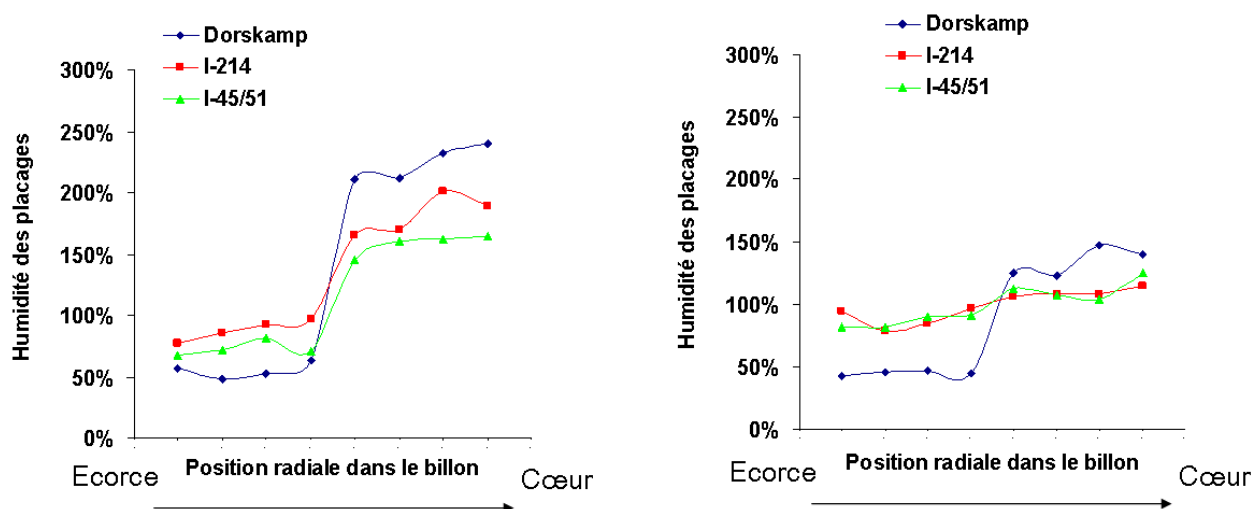
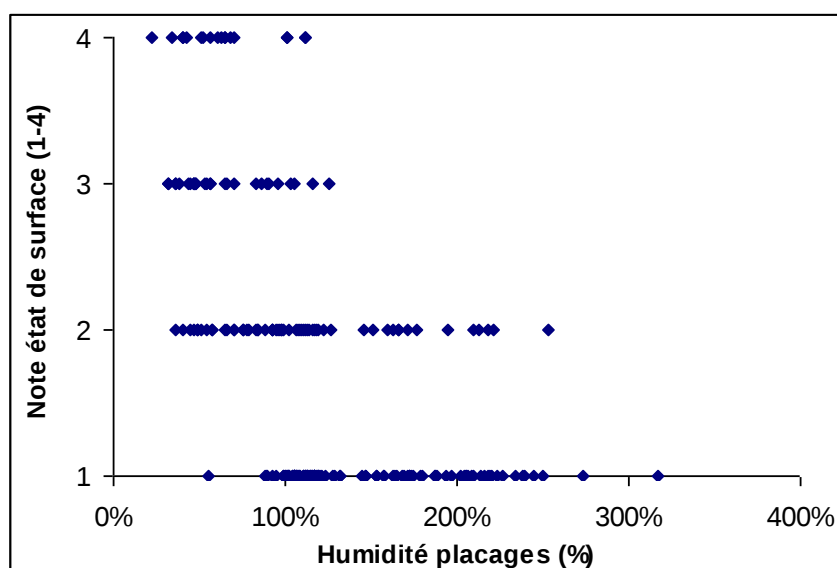


Figure 14 : Déroulage des chablis, 16 mois après la tempête (à gauche billons prélevés à la base et à droite à la cime)

Les mesures confirment les niveaux d'humidité estimés par les mesures non-destructives : bon niveau d'humidité pour les chablis de la parcelle de Malause (chablis peu exposés, diffus), niveau d'humidité plus faible pour ceux de la parcelle de Tonneins.

On note de nouveau la différence très importante d'humidité entre le faux-cœur et l'aubier. Par exemple, l'humidité du bois des chablis Dorskamp est en moyenne de 50% dans l'aubier contre 200% pour le faux-cœur.

↳ Etat de surface



2.5 Recommandations techniques

Conservation des peupliers chablis sur coupe

_ **Le facteur déterminant l'évolution de la qualité du bois des chablis est principalement l'humidité.**

Dès qu'ils sont à terre, l'humidité des chablis se modifie. Ces variations d'humidité vont dépendre de nombreux facteurs et en particulier de :

- l'exposition au soleil (chablis diffus ou en plein, végétation protectrice)
- la nature du sol (alimentation en eau de la parcelle)
- la nature du cultivar
- l'enracinement restant

_ **Il faut récolter en priorité les parcelles chablis dont le risque de dégradation est le plus important** : chablis les plus exposés au soleil et cultivars séchant le plus rapidement (I-214).

_ Il faut **suivre régulièrement l'évolution des parcelles non prioritaires**, la présence de feuilles et de gourmands est un bon indicateur du maintien de l'humidité et donc de la qualité. Les suivis ont montré qu'après un an de séjour sur coupe, la qualité de certains chablis était proche de celle du bois vert.

La priorité des récoltes devra donc être naturellement orientée vers les parcelles qui présentent des signes d'affaiblissement (perte de feuilles en saison de végétation, décollement de l'écorce).

3. Stockage de billons sous aspersion

3.1 Protocole

Ce suivi expérimental est centré sur deux objectifs :

- Etudier la vitesse de reprise d'humidité de billons de peuplier stockés sous arrosage. Ce point est primordial, car même avec une exploitation rapide des chablis, le bois sèche. Or pour être parfaitement protégés, les bois stockés sous eau doivent être saturés en eau.
- Suivre régulièrement l'humidité de billons de peuplier stockés sur des sites industriels pour valider ou non la faisabilité de cette technique de stockage

↳ **Protocole pour la mesure de reprise d'humidité de billons stockés sous arrosage**

Une **aire d'aspersion expérimentale** a été installée sur le site FCBA de Moulis en Médoc (33), permettant de simuler la reprise d'humidité des billons de peuplier.

18 billons de trituration ont été stockés sous aspersion, répartis entre les deux cultivars référents : I-214 et I-45/51.

Pour chacun des cultivars, 9 billons ont été placés sous arrosage à partir d'humidités initiales différentes. Pour cela, ils ont été mis à sécher en serre puis stockés sous aspersion quand ils ont atteint les humidités suivantes :

3 billons stockés avec une humidité initiale comprise entre 60 et 80%, 3 billons avec une humidité comprise entre 80% et 90% et 3 billons avec une humidité initiale supérieure à 100%. Les billons ont ensuite été pesés après 7 jours, 15 jours, 1 mois et 2 mois de stockage sous aspersion.



Figure 16 : Aire expérimentale de stockage sous aspersion

➤ **Protocole pour la mesure de l'évolution de l'humidité des bois stockés sur les sites industriels (47-Damazan)**

Deux sites de stockage de billons de peuplier sous aspersion, mis en place par la COFOGAR, ont été suivis : un site sur le parc à bois de l'usine de déroulage de Xilofrance (stockage de billons de I-214, Dorskamp, et I-45/51) et un à la gravière de Damazan (stockage de billons de I-45/51 et Dorskamp).

- L'évaluation de l'état initial des grumes stockées a été réalisée par prélèvements de disques à l'extrémité des grumes. Environ 100 disques ont été prélevés sur les deux sites. Sur chaque disque, l'humidité (par dessiccation à l'étuve) et la couleur ont été mesurés (réalisé fin juillet 2009)
- Pour les évaluations suivantes, seule l'humidité des bois a été mesurée. L'humidité de l'aubier d'une centaine de billons, répartie sur les 2 sites, a été mesurée sur la face externe à l'aide d'un spectromètre infra-rouge portable.
- Un essai de déroulage a aussi été réalisé afin de mesurer la qualité des placages obtenus (en mai 2012).



Figure 17 : Mesure de l'humidité à l'aide d'un spectromètre proche-infra-rouge portable.

3.2 Analyse de la reprise d'humidité sur aire expérimentale

Le graphique ci-dessous illustre l'évolution de l'humidité des billons du cultivar I-214 stockés sur l'aire expérimentale d'aspersion.

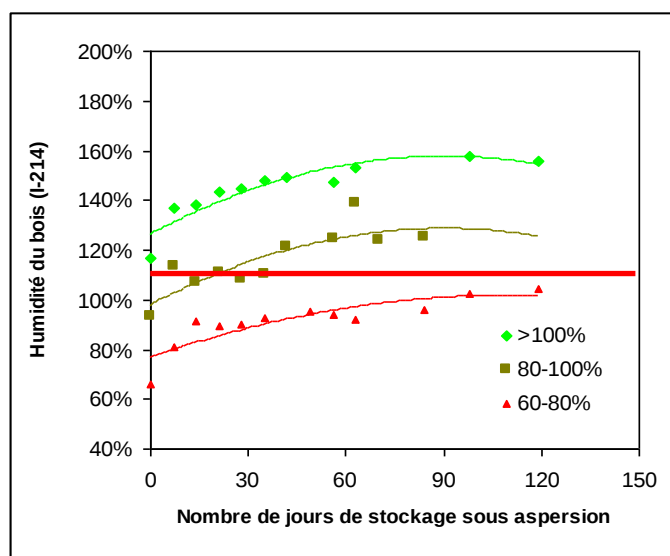


Figure 18 : Evolution de l'humidité de billons du cultivar I-214 stockés sous aspersion.

En premier lieu, on constate l'efficacité de la technique de stockage : les billons d'humidité initiale proche ou supérieure à 100% voient leur humidité augmenter durant les 3 mois de suivis.

Par contre, la reprise d'humidité de ces billons de I-214 est assez lente. Les billons d'humidité moyenne proche de 80%, mettent en effet plus de 120 jours pour atteindre une humidité voisine de 100%. Or, pendant ces 3 mois, ils sont susceptibles d'être dégradés par des champignons. Il faut donc veiller, pour le cultivar I-214, à ne stocker que des billons avec une humidité élevée, la reprise d'humidité n'étant pas assez rapide pour protéger des billons ayant séché sur coupe avant stockage.

Les résultats sont assez différents pour le cultivar I-45/51 (cf. Figure 19).

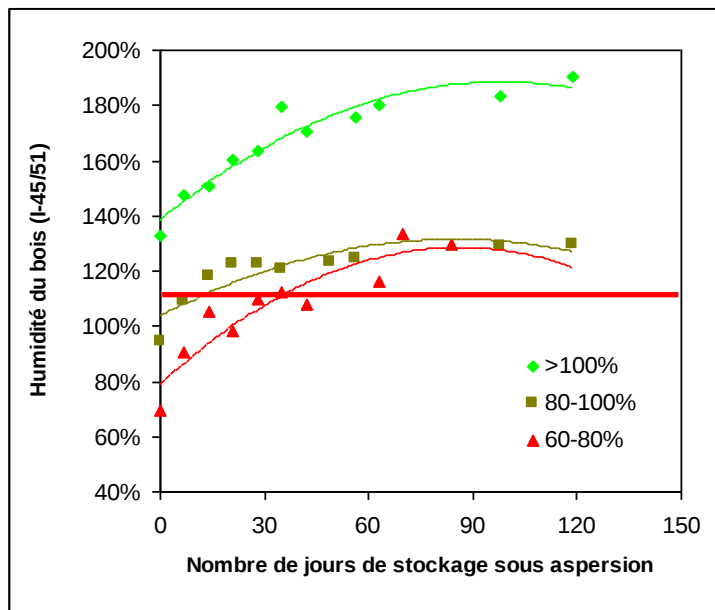


Figure 19 : Evolution de l'humidité de billons du cultivar I-45/51 stockés sous aspersion.

La reprise d'humidité est plus rapide que pour I-214, même pour les billons avec une humidité initiale comprise entre 60 et 80%. Après seulement un mois de stockage, ils ont déjà atteint une humidité supérieure à 100%.

En comparaison, des billons de pin maritime dont l'humidité est proche de 70%, mettent en moyenne 15 jours pour atteindre un niveau d'humidité supérieur à 100%. La reprise d'humidité pour des billons de peuplier est donc beaucoup plus lente (2 fois plus de temps dans le meilleur des cas).

3.3 Résultats des suivis d'humidité sur sites industriels

↩ *Etat initial du 22 juillet 2009*

_ Humidité des billons stockés, lors du premier contrôle le 22 juillet 2009

Les billons stockés ont été contrôlés juste au moment de la mise sous eau pour le cultivar I-214 stocké à Xilofrance et après 2 à 3 semaines d'arrosage pour les cultivars Dorskamp et I-45/51 stockés à Xilofrance et à la gravière de Damazan.

Les niveaux d'humidité sont bons, supérieurs à 150% pour toutes les modalités stockées, sauf pour les billons du cultivar I-214 dont l'humidité est de 120% environ.

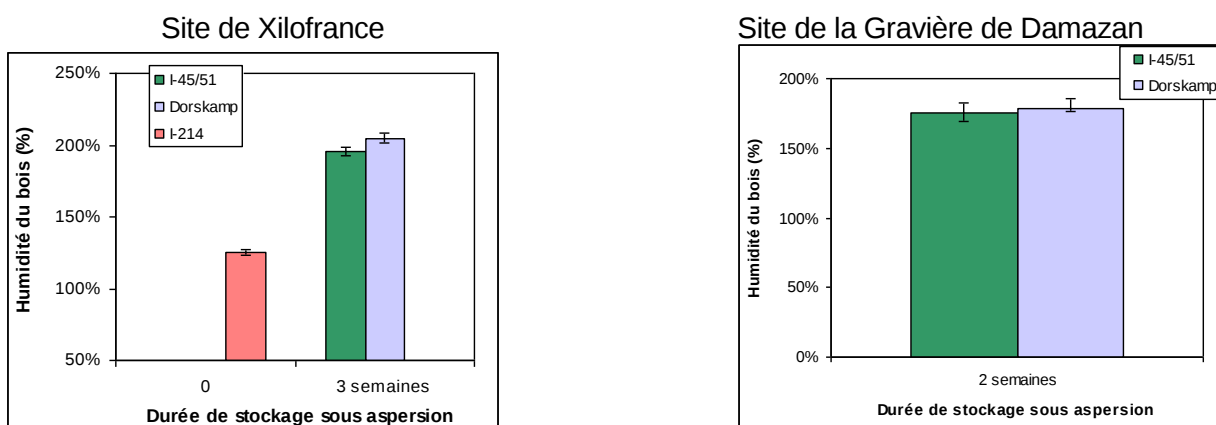


Figure 20 : Humidité des billons stockés lors du premier contrôle le 22 juillet 2009

_ Clarté du bois (L*) - 22 juillet 2009

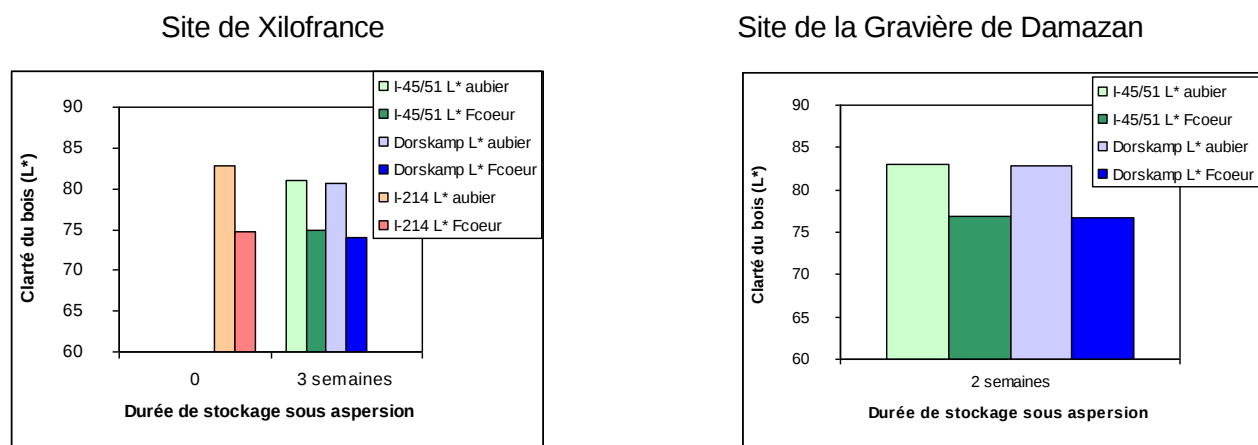


Figure 21 : Clarté du bois des billons stockés lors du premier contrôle le 22 juillet 2009

Sur les deux sites de stockage, la couleur du bois est dans la gamme de celle du bois frais. Les résultats sont bons.

➤ **Suivi d'octobre 2009, site d'aspersion de Xilofrance**

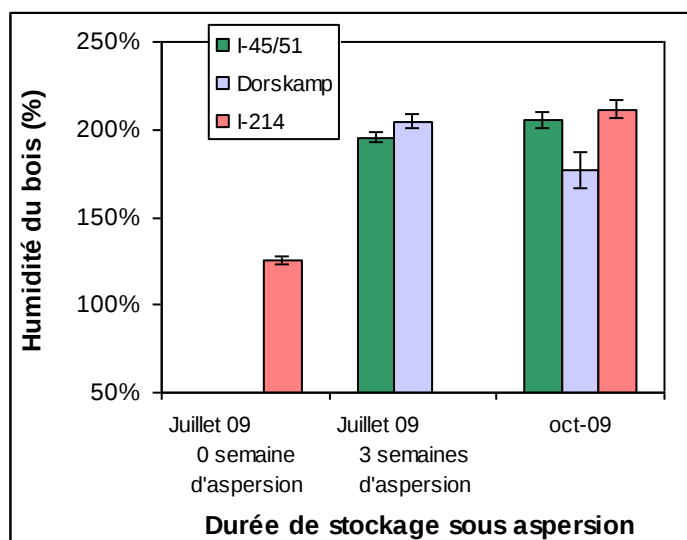


Figure 22 : Site de Xilofrance, évolution dans le temps de l'humidité des billons stockés.

➤ **Suivi d'octobre 2009, gravière de Damazan**

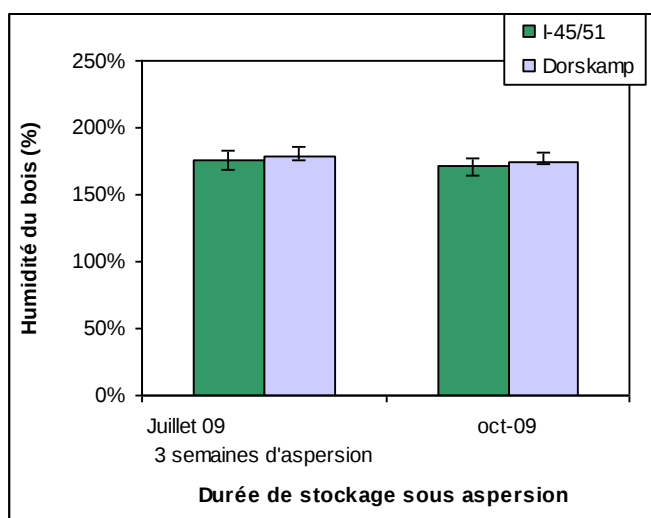


Figure 23 : Gravière de Damazan, évolution dans le temps de l'humidité des billons stockés.

➤ **Synthèse suivi d'octobre 2009**

Sur les deux sites de stockage, les bois sont saturés en eau. On note une légère diminution du taux d'humidité des billons de Dorskamp stockés sous arrosage. Cela semble lié principalement à la position en bout de rime des billons (zones moins arrosées). Pour toutes les autres modalités l'humidité des bois stockés est stable.

3.4 Essai de déroulage industriel

Pour valider les bons résultats d'humidité, un essai de déroulage de billons du cultivar I-45/51 stockés sous aspersion a été réalisé à l'usine de Xilofrance. La qualité des placages a été mesurée (présence de fente et couleur). L'essai s'est bien déroulé, la figure 24 montre que les placages présentent les mêmes taux de fentes que le témoin (cultivar I-214 car pas de possibilité de dérouler des billons de I-45/51 en bois frais). On note par contre des décolorations, qui peuvent être liées à une oxydation du bois lors du stockage (Figure 25).

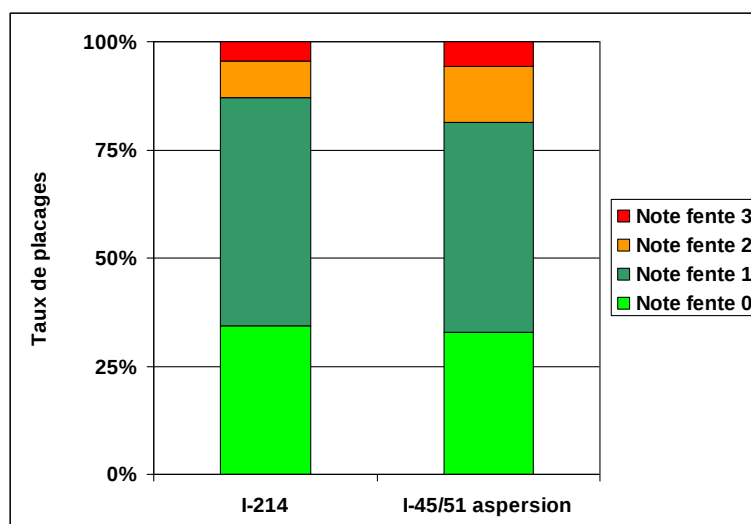


Figure 24 : Qualité des placages (présence de fentes) issus de billons de I-45/51 stockés sous aspersion.

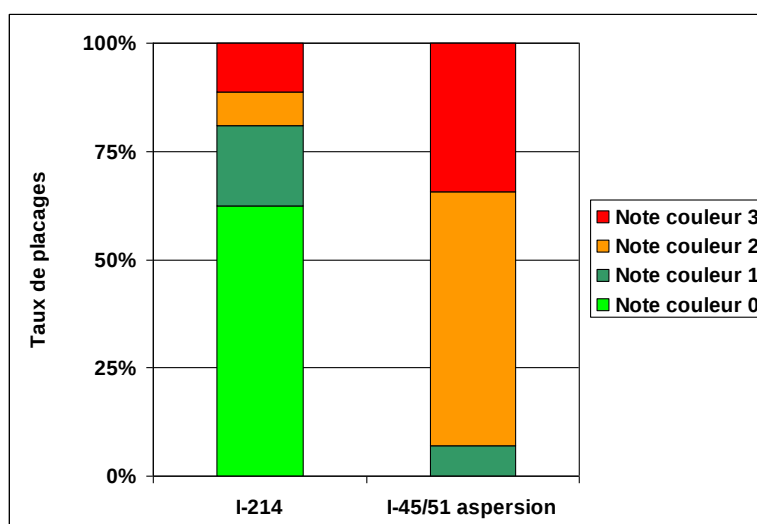


Figure 25 : Couleur des placages issus de billons de I-45/51 stockés sous aspersion

3.5 Recommandations techniques

Conservation des peupliers sous aspersion

_ Le stockage du peuplier sous aspersion est une méthode efficace et permet de préserver la qualité des bois ainsi stockés.

Il faut néanmoins veiller aux points suivants :

- Les billons ayant séché (chablis anciens, stockage prolongé en bord de route,...), reprennent de l'humidité en étant stockés sous aspersion et peuvent donc finalement être protégés. Par contre, cette reprise d'humidité est plus lente que pour le pin maritime (deux fois plus lente dans le meilleur des cas), et il existe de plus des différences entre les cultivars. Les bois stockés sous aspersion doivent donc être le plus frais possible.
- La qualité des bois est maintenue (pas de problème technique au déroulage), mais des décolorations sont apparues après seulement 10 mois de stockage sous aspersion. Le stockage doit donc être limité à 1,5 années au maximum (voire moins suivant la qualité initiale des bois stockés).

4. Stockage de billons par immersion

4.1 Protocole

➤ Installation du dispositif

Un site pilote de stockage par immersion a été mis en place à Damazan sous l'égide interprofessionnelle, avec l'appui opérationnel de la COFOGAR. Des billons de peupliers chablis ont été stockés dans un lac de 2 à 3 m de profondeur, sur le site de la société DSL (Dragage du Pont de Saint Léger) au lieu-dit Monican à Damazan (47).



Figure 26 : Dispositif de stockage par immersion, implantation des fagots sur le site de DSL

Des fagots de 5 à 10 billons ont été constitués (fardelage des billons, identification et accrochage d'une élingue). Les fagots ont été positionnés dans le lac, accrochés via une élingue à un câble tendu d'une berge à l'autre (cf. Figure 27).

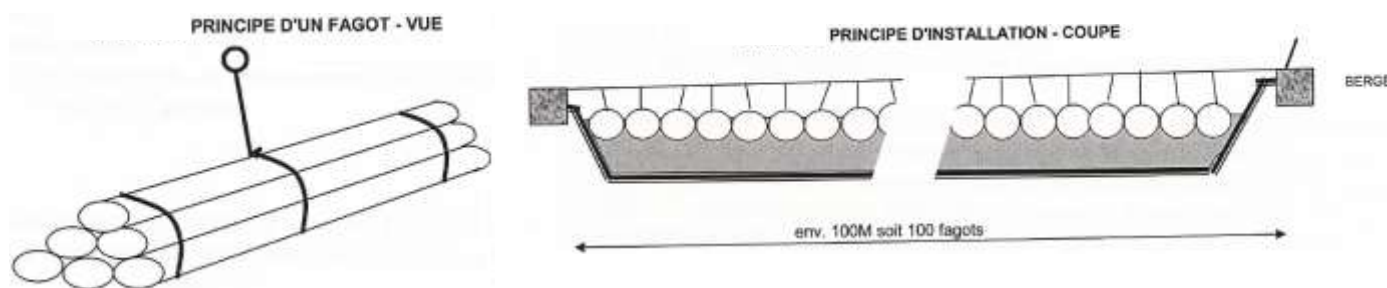


Figure 27 : Fardelage des billons et principe d'installation dans le lac

Après mise en stockage, certains fagots ne coulant pas, un dispositif d'arrosage des billons en surface a été installé.

↳ **Matériel**

Les 3 industriels partenaires du projet (Garnica Plywood France, Ets Péré et Xilofrance) ont stocké des billons provenant de parcelles de chablis pour 3 cultivars : I-214, I-45/51, Dorskamp.

Environ 10 fagots par industriel et par cultivar ont été stockés, soit 90 fagots au total.

Les billons ont été stockés par immersion au mois d'août 2009, ils provenaient de peupliers chablis restés 7 mois sur coupe.

↳ **Mesures et périodicité**

Cinq suivis étaient initialement prévus (0, 6 mois, 1 an, 1.5 et 2 ans).

Pour des raisons techniques (difficulté de reprise des fagots), seuls deux suivis ont été faits : le premier suivi a été réalisé mi-décembre 2010, soit 16 mois après le début du stockage et le deuxième suivi mi-octobre 2011, soit 28 mois après le début du stockage.

Sur les billons prélevés, à chaque suivi, les opérations suivantes ont été réalisées :

- Prélèvement de disques à l'extrémité des billons pour la mesure de l'humidité (dessication à l'étuve suivant la norme NF B 51004), de la masse volumique et de la clarté des bois stockés (spectrocolorimètre, notation CIE L*a*b* voir figure 2) ;
- Déroulage des grumes par chaque partenaire (notation des paramètres de déroulage propre à chaque partenaire) et mesure de la qualité des placages obtenus (état de surface, couleur).

4.2 Résultats

↳ **Échantillons prélevés mi-décembre 2010**

Le premier prélèvement a eu lieu en période hivernale. La récupération des fagots (accrochage, puis remorquage en zodiac près de la berge, et enfin sortie à la pelle mécanique, cf. Figure 29 et 30) s'est révélée compliquée du fait des faibles températures. De plus certains fagots ayant coulé, il a été indispensable soit de plonger pour accrocher les élingues, soit de tendre le câble sur lequel les fagots étaient accrochés pour remonter les élingues. Malgré cela, tous les lots prévus n'ont donc pas été sortis, le tableau page suivante récapitule les différents lots prélevés par partenaire pour les 2 suivis.

	I 45/51	I-214	Dorskamp	Total
COFOGAR	6	10	5	21
Péré	7	8	2	17
Garnica	7	11	3	21

Figure 28 : Nombre de fagots prélevés par partenaire pour les 2 suivis



Figure 29 : Identification des fagots, accrochage et remorquage jusqu'à la berge



Figure 30 : Extraction des fagots du lac à la pelle mécanique

Mesures sur disques à la sortie du stockage

Sur 4 billons par fagot, un disque a été prélevé en bout de grume pour la mesure de l'humidité, de la masse volumique (fraîche et anhydre) et de la couleur. Les résultats sont présentés ci-dessous. La Figure 31 présente les valeurs d'humidité des différents cultivars lors du déstockage en comparaison avec du bois frais (valeurs issues du référentiel qualité du bois des cultivars de peuplier, 2009). L'humidité du bois des 3 cultivars stockés est naturellement élevée, elle est comprise, pour le suivi n°2, entre 173 et 193 %, correspondant à une saturation des grumes en eau lors de leur immersion.

	Cultivar	IC-	Moyenne	IC+
Ref. Bois frais	I-214	126%	134%	143%
	I-45/51	131%	140%	149%
	Dorskamp	145%	155%	165%
Bois immergés Suivi 1	I-214	175%	188%	200%
	I-45/51	154%	163%	173%
	Dorskamp	163%	182%	201%
Bois immergés Suivi 2	I-214	176%	193%	209%
	I-45/51	158%	173%	189%
	Dorskamp	156%	176%	195%

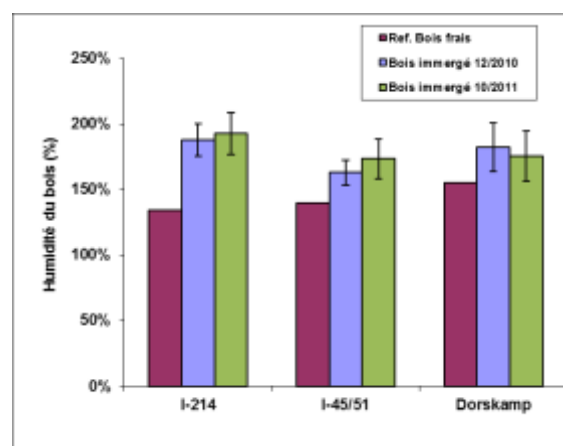


Figure 31 : Humidité des bois stockés par immersion lors du déstockage et comparaison au bois frais (valeur moyenne et intervalle de confiance à 95%)

La masse volumique brute au déstockage est donnée sur la figure ci-dessous. Cette masse volumique est assez stable quel que soit le cultivar. Les différences entre cultivars qui existent pour les bois frais sont ici atténuées par le stockage par immersion, qui provoque la saturation du bois et a pour conséquence l'augmentation de la masse volumique.

	Cultivar	IC-	Moyenne	IC+
Ref. Bois frais	I-214	660	688	715
	I-45/51	760	788	815
	Dorskamp	831	858	886
Bois immergés Suivi 1	I-214	851	865	878
	I-45/51	858	867	877
	Dorskamp	865	875	886
Bois immergés Suivi 2	I-214	886	936	985
	I-45/51	860	903	946
	Dorskamp	888	966	1 044

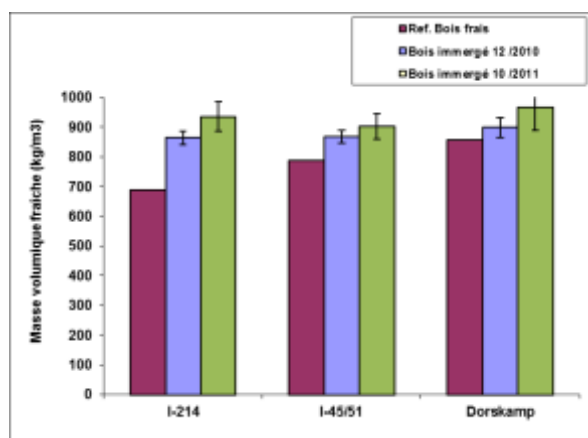


Figure 32 : Masse volumique brute (kg/m³) des billons stockés par immersion, au déstockage (valeur moyenne et intervalle de confiance à 95%)

Le stockage par immersion n'empêche pas le développement de bactéries anaérobies. Ces bactéries dégradent les membranes des ponctuations du bois, entraînant une augmentation de la perméabilité du bois. Cette action n'a pas d'impact sur les propriétés mécaniques des bois mais influe sur la capacité de rétention en eau. On observe ainsi une augmentation des masses volumiques moyennes entre le premier et le second suivi (870 kg/m³ en moyenne pour le premier suivi, 935 kg/m³ pour le second).

La clarté du bois a été mesurée avec un spectrocolorimètre sur les disques prélevés à l'extrémité des grumes. Les mesures ont été réalisées sur l'aubier et sur le faux cœur.

On ne note pas de différence significative de la clarté par rapport au bois frais. Quelques colorations ont été constatées, en particulier pour le Dorskamp, mais leur faible présence ne peut pas être attribuée à une conséquence du stockage par immersion.

	Cultivar	IC-	Moyenne aubier	IC+
Ref. Bois frais	I-214	78	79	81
	I-45/51	78	79	81
	Dorskamp	78	79	81
Bois immergés Suivi 1	I-214	78	80	82
	I-45/51	79	80	81
	Dorskamp	78	79	80
Bois immergés Suivi 2	I-214	77	79	81
	I-45/51	76	78	80
	Dorskamp	77	79	81

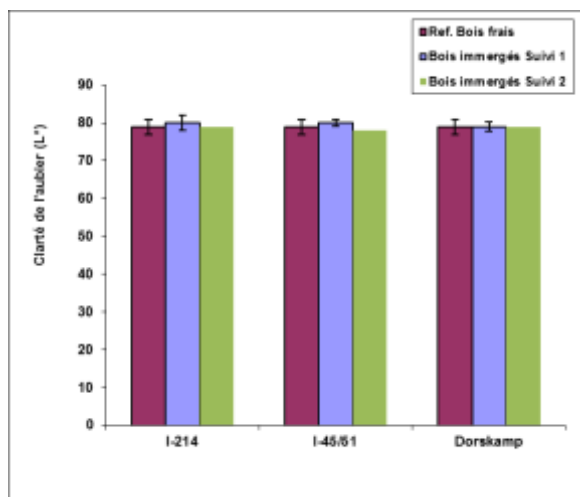


Figure 33 : Clarté de l'aubier des billons stockés par immersion, au déstockage (valeur moyenne et intervalle de confiance à 95%)

	Cultivar	IC-	Moyenne Faux cœur	IC+
Ref. Bois frais	I-214	73	75	76
	I-45/51	73	75	76
	Dorskamp	73	75	76
Bois immergés Suivi 1	I-214	73	75	77
	I-45/51	73	74	75
	Dorskamp	72	73	74
Bois immergés Suivi 2	I-214	73	74	76
	I-45/51	73	75	77
	Dorskamp	71	72	73

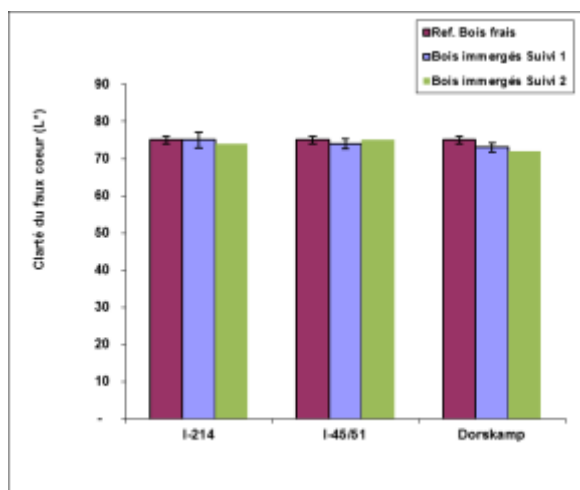


Figure 34 : Clarté du faux cœur des billons stockés par immersion, au déstockage (valeur moyenne et intervalle de confiance à 95%)



Figure 35 : Prélèvements après 16 mois de stockage par immersion, bon aspect visuel du bois : couleur claire, quelques coloration mais peut-être déjà présentes lors du stockage.

↳ **Essai industriel de déroulage :**

Xilofrance

Les billons ont été transportés à l'usine de Xilofrance à Damazan. Regroupés par cultivar, les billons ont été écorcés puis déroulés le 5 janvier 2011. La traçabilité des placages a été assurée jusqu'en sortie du séchoir.

Les paramètres de déroulage suivants ont été mesurés :

- _ Perte arrondi : perte de matière liée à la mise au rond du billon lors du déroulage. Cette perte est liée à la conicité, à la cylindricité et à la flèche des billons ;
- _ Perte noyau : perte liée au non-déroulage du noyau. Varie proportionnellement en fonction du diamètre du billon (le volume du noyau étant fixe). Indique si le billon n'a pas été déroulé jusqu'au maximum ;
- _ Rendement placage : rapport entre le volume de placage empilé et le volume du billon sous écorce.

Le tableau ci-dessous regroupe les résultats obtenus.

	Suivi 1 12/2010			Suivi 2 10/2011		
	Perte arrondi	Perte noyaux	Rendement déroulage	Perte arrondi	Perte noyaux	Rendement déroulage
I-214 Immersion	25%	5%	71%	21%	6%	73%
I-45/51 Immersion	25%	6%	70%	24%	5%	71%
Dorskamp Immersion	35%	7%	58%	26%	5%	69%

Figure 36 : Xilofrance, résultats du déroulage des billons stockés par immersion

Le déroulage des bois immergés n'a pas posé de problème particulier, mis à part une forte odeur d'ensilage dont la persistance dans les produits finis reste à évaluer.

Le faible rendement au déroulage du cultivar Dorskamp pour le suivi n°1 est lié à des défauts de forme (perte à l'arrondi de 35%), défauts indépendants de la méthode de stockage.

Le niveau de clarté des placages issus des billons immergés, mesuré en sortie du séchoir, est du même ordre de grandeur que celui mesuré sur les disques à l'extrémité des grumes. La clarté du bois des 3 cultivars stockés par immersion n'est donc pas dégradée par rapport à du bois frais.

La qualité des placages a été notée en sortie du séchoir (clarté et fentes). Le niveau de fente et de peluchage est bon. Le graphique ci-dessous présente pour les essais de déroulage de novembre 2011 le taux de placages fendus pour les 3 cultivars analysés (cultivar I-214 frais en témoin). Le taux de placages fendus est donné par 1/3 de billon déroulé (premier tiers correspondant aux placages extérieurs et 3^{ème} tiers aux placages centraux).

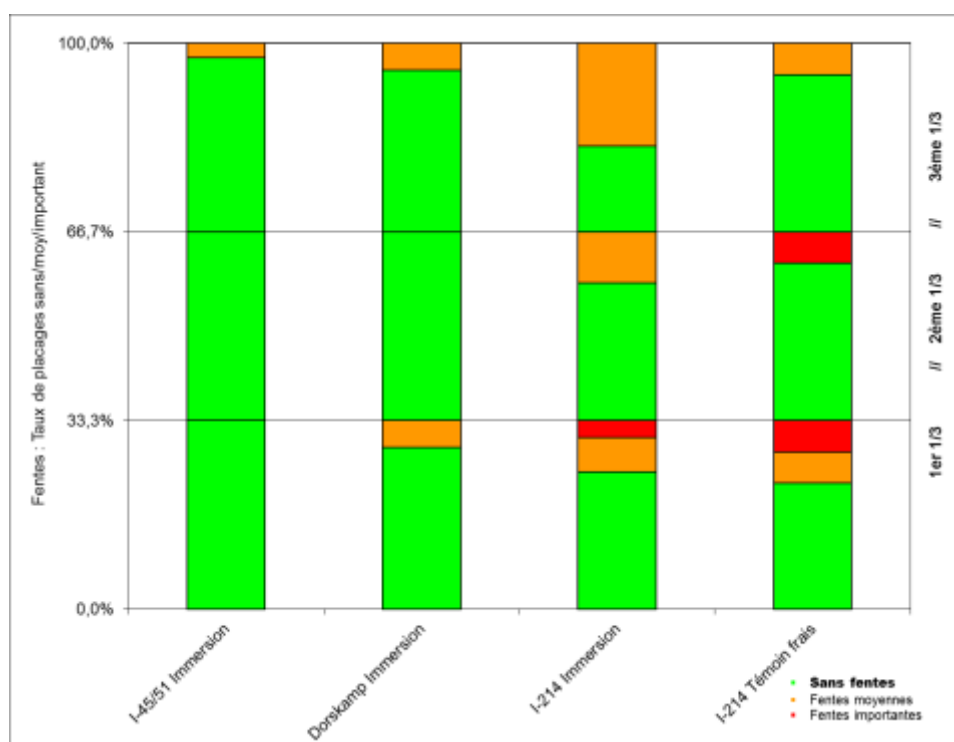


Figure 37 : Taux de placages fendus pour les billons stockés par immersion (suivi n°2)

Etablissement Péré

Les billons ont été transportés à l'usine des Ets Péré à Gaujac. Regroupés par cultivar, les billons ont été écorcés puis déroulés. La traçabilité des placages a été assurée jusqu'au stockage des produits finis (emballages légers).

Il n'y pas eu de difficulté au déroulage. La clarté des placages est du même ordre que celle du bois frais. L'inconvénient majeur est la forte odeur d'ensilage se dégageant des placages.

Néanmoins, après un mois de stockage, les emballages fabriqués à partir des placages de l'essai ne dégageaient plus d'odeur particulière. Par contre, la plus forte humidité des placages, par rapport à du bois frais, a eu pour conséquence un séchage plus lent des emballages et donc l'apparition de quelques moisissures.



Figure 38 : Emballages réalisés à partir de placages issus de billons de peuplier stockés par immersion

Garnica Plywood

Les billons ont été transportés sur le site espagnol de Garnica. Le lot déroulé était moins important que pour les 2 autres essais chez Xilofrance et chez les Ets Péré Frères (difficultés de reprise des bois).

Les résultats montrent qu'il n'y a pas eu de problème particulier mis à part une forte odeur d'ensilage et quelques problèmes de patinage des broches à l'entraînement des billons au déroulage, patinage lié à la plus forte humidité du faux-cœur.

4.3 Recommandations techniques

Conservation des peupliers par immersion

_ Le stockage du peuplier par immersion est une méthode efficace et permet de préserver la qualité des bois ainsi stockés, mais il faut veiller aux points suivants :

- Forte odeur d'ensilage liée au développement de bactéries anaérobies, mais qui disparaît lors du séchage des produits ;
- Humidité plus élevée des placages qui peut provoquer l'apparition de moisissures ; (dans tous les cas ou seulement en cas de séchage naturel ?)
- Durée de séchage naturel plus long (emballages légers) , d'où la possible apparition de moisissures (?);
- Lors du déroulage, patinage des broches entraînant le billon pouvant causer une perte de rendement.

_ Néanmoins la reprise des bois stockés par immersion dans un plan d'eau est une opération très difficile et donc très coûteuse. Dans le cadre des essais de cette étude, certains lots n'ont pas pu être récupérés car trop difficiles d'accès (lots ayant coulé au fond du lac...). Cette méthode n'est donc pas à privilégier pour le stockage des bois chablis ; il faut lui préférer le stockage par immersion dans des fosses creusées préalablement (ou « casiers »), de taille adaptée à celle des fagots ce qui permettra une reprise des bois plus facile.

5. Conclusion de l'étude

Le peuplier, réputé sensible pour la dégradation de son bois, a montré une fois de plus dans cette étude qu'il était une essence surprenante.

- En premier lieu, les peupliers chablis peuvent dans certaines conditions rester stockés plusieurs mois sur coupe, sans que les dégradations subies rendent le bois impropre à un usage industriel. Si les chablis sont diffus et protégés du soleil direct et sur une station bien alimentée en eau, leur dégradation peut être ralentie.
- Les chablis de peuplier se sont révélés aptes au stockage sous aspersion. Les bois stockés sous arrosage ont été déroulés sans difficulté technique et avec un bon rendu de qualité. Toutefois les bois stockés doivent l'être le plus tôt possible après récolte, la saturation du bois en eau étant relativement lente en fonction des cultivars.
- L'immersion est aussi une solution de stockage qui donne de bons résultats pour un usage industriel, mais la difficulté de reprise des bois rend cette solution inapplicable car trop coûteuse pour des volumes importants.

ANNEXE

Exemple d'une fiche de suivi de la qualité des peupliers chablis



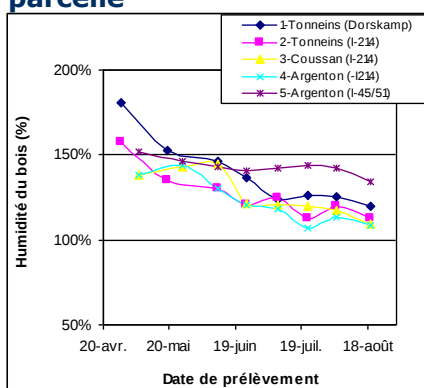
Evolution sur coupe de la qualité des chablis de peuplier de la tempête Klaus

Fiche n°7 – Aout 2009

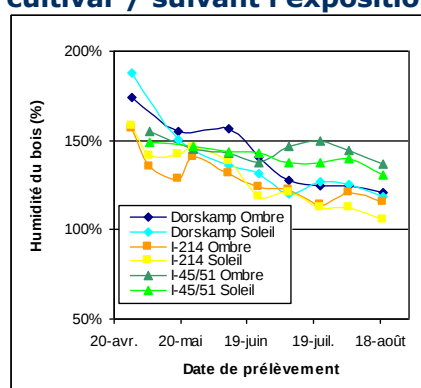


Evolution dans le temps de l'humidité des arbres chablis

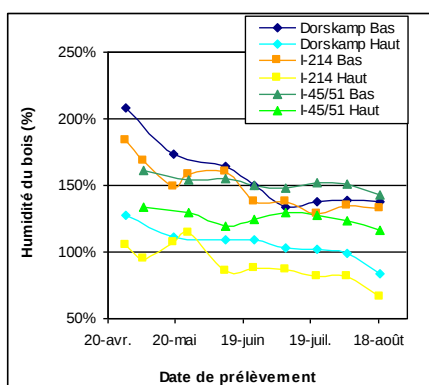
Par parcelle



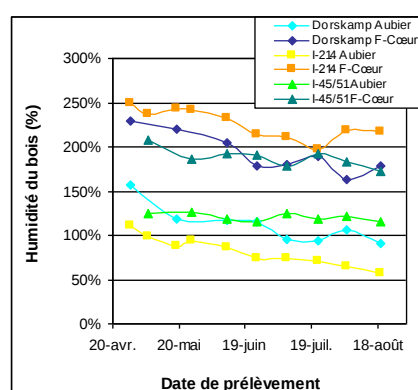
Par cultivar / suivant l'exposition



Par cultivar / Ht de prélèvement

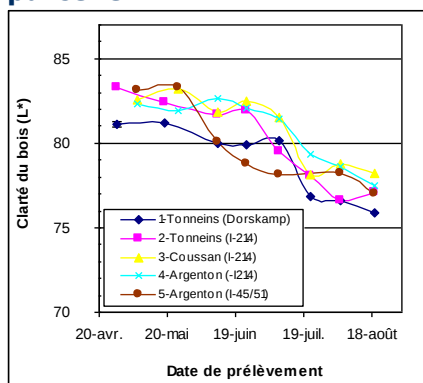


Par cultivar / Aubier Faux cœur

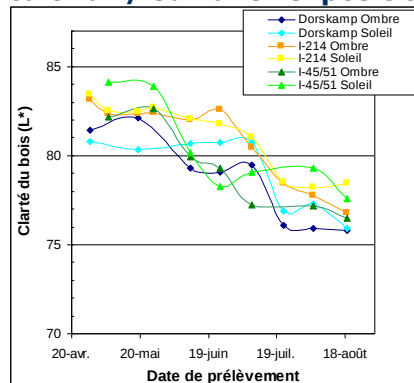


Evolution dans le temps de la clarté du bois des arbres chablis

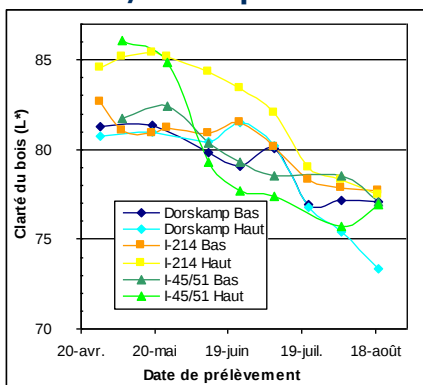
Par parcelle



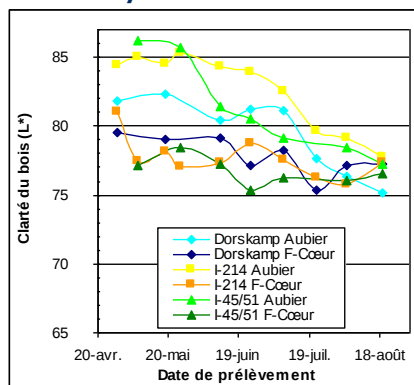
Par cultivar / suivant l'exposition



Par cultivar / Ht de prélèvement



Par cultivar / Aubier Faux cœur



Evolution dans le temps de l'état sanitaire des arbres chablis

- **5^{ème} prélèvement** (08/07/09) : arbres hétérogènes sur les parcelles. Défoliation entre 80 et 95 %, feuillage vert clair et écorce craquelée par endroits pour *Tonneins 1* ; défoliation entre 70 et 95 %, feuillage globalement vert et écorce nécrosée par endroit pour *Tonneins 2* ; défoliation supérieure à 90%, feuillage vert/jaune et écorce craquelée sur la face supérieure pour *Coussan* ; défoliation entre 80 et 95% mais avec présence de gourmands pour *Argenton 1* ; bon feuillage avec nombreux gourmands pour *Argenton 2*. Arbre tronçonné à la base défolié à plus de 95%.

- **6^{ème} prélèvement** (22/07/09) : arbres hétérogènes sur les parcelles. Défoliation entre 80 et 95 %, feuillage vert jaune, écorce craquelée, cambium noir et gourmands morts pour *Tonneins 1* ; défoliation entre 70 et 95 %, feuillage globalement vert, fissures et nécroses par endroit pour *Tonneins 2* ; défoliation supérieure à 90%, feuillage vert/jaune et écorce craquelée, cambium noir sur la face supérieure pour *Coussan* ; défoliation entre 90 et 100 % mais avec présence de gourmands verts pour *Argenton 1* ; bon feuillage avec nombreux gourmands pour *Argenton 2*. Arbre tronçonné à la base défolié à plus de 95%.

- **7^{ème} et 8^{ème} prélèvement** (04/08/09 et 19/08/09) : arbres hétérogènes sur les parcelles. Défoliation entre 90 et 100 %, feuillage restant jaune, écorce craquelée commençant à se détacher, cambium noir et gourmands morts pour *Tonneins 1* ; défoliation entre 75 et 95 %, feuillage vert-jaune, fissures et début de détachement de l'écorce pour *Tonneins 2* ; défoliation supérieure à 95%, feuillage restant vert/jaune et écorce craquelée, cambium noir sur la face supérieure pour *Coussan* ; défoliation entre 90 et 100 % mais avec présence de quelques gourmands verts/jaunes pour *Argenton 1* ; bon feuillage avec nombreux gourmands pour *Argenton 2*. Arbre tronçonné à la base défolié à plus de 95%.

Commentaires

- **5^{ème} prélèvement** : l'humidité des bois est stable par rapport aux prélèvements précédents. L'humidité moyenne des chablis est comprise entre 130 et 150%, avec une humidité du faux cœur de 190% et une humidité de l'aubier de 100%. L'humidité de l'arbre témoin sur pied est de 185% et celle de l'arbre tronçonné à la base est de 129%.

La clarté du bois diminue. Cette diminution est très forte pour l'aubier de I-45/51 (- 7 points), forte pour l'aubier de I-214 (-3 points) et modérée pour l'aubier du Dorskamp (- 1 point). Ce sont les premiers signes du début de dégradation, à confirmer lors des prochains prélèvements.

- **6^{ème} prélèvement** (22/07/09) : La dégradation du bois se confirme avec une diminution marquée de la clarté des échantillons prélevés sur les 3 cultivars. Cette diminution est très forte pour l'aubier de I-45/51 (de 86 à 75), forte pour l'aubier de I-214 (de 85 à 80) et pour l'aubier du Dorskamp (82 à 78).

L'humidité du bois diminue légèrement avec une humidité moyenne des chablis comprise entre 105% et 145%, une humidité du faux cœur comprise entre 185% et 195% et une humidité de l'aubier entre 71% et 120%. L'humidité du I-45/51 n'a pratiquement pas diminué depuis le début des suivis (feuillage toujours verts), mais par contre la clarté du bois a fortement diminué.

L'humidité de l'arbre témoin sur pied est de 195% et celle de l'arbre tronçonné à la base est de 127%.

- **7^{ème} et 8^{ème} prélèvement** (04/08/09 et 19/08/09) : La dégradation du bois continue avec une diminution de la clarté des échantillons prélevés sur les 3 cultivars. La clarté de l'aubier est maintenant du même ordre que celle du faux cœur. Les différences de clartés du bois entre cultivars à l'état vert sont fortement atténuées. Pour les 3 cultivars suivis, la clarté de l'aubier est comprise

entre 75 et 77, et celle du faux cœur entre 76 et 77. La valeur de clarté du bois pour I-45/51 obtenue lors du 6^{ème} prélèvement était aberrante. Elle a été supprimée des graphiques.

L'humidité du bois diminue, les valeurs moyennes sont comprises entre 105% et 120%. L'humidité du faux cœur reste encore assez élevée (valeurs entre 171% et 215%), l'eau piégée ne s'évacue pas. L'humidité de l'aubier a par contre diminué avec des valeurs comprises entre 56% et 115%. L'humidité du cultivar I-45/51 diminue faiblement, mais reste supérieure aux autres cultivars (feuillage toujours verts).

L'humidité de l'arbre témoin sur pied est de 205% et celle de l'arbre tronçonné à la base est de 124%.

Protocole de l'étude

Echantillonnage et mesures réalisées

Un réseau de 5 parcelles permanentes de chablis peuplier a été constitué. Il est composé de trois sites pour le cultivar I-214, un pour I-45/51 et un pour Dorskamp. 5 arbres par cultivar ont été sélectionnés (soit 25 arbres de référence).

Sur une durée d'un an, 18 suivis seront réalisés pour estimer sur chacune de ces parcelles :

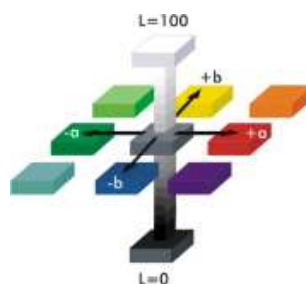
- l'état sanitaire des arbres : dépérissements, attaques d'insectes ou de champignons, dessèchements locaux, perte d'écorce, feuillage et départ de gourmands
- sur l'échantillon de 25 arbres permanents, prélèvement de copeaux à l'aide d'une mèche de 20 mm (puis rebouchage) pour mesure de l'humidité et de la couleur du bois au laboratoire. Deux niveaux de hauteurs sont analysés (base de l'arbre entre 1,5 m et 2,5 m et haut de l'arbre 2 m avant la découpe 20 cm) avec la distinction de l'exposition (face de la grume au soleil ou à l'ombre) et de la présence de faux cœur (uniquement à la base de l'arbre)

Lors de chaque suivi des prélèvements sont réalisés sur deux arbres témoins supplémentaires (cultivar I-214) : un arbre sur pied et un arbre chablis tronçonné à la base (séparé de la souche).

- Formule utilisée pour le calcul du taux humidité (par dessiccation à l'étuve à 103 °C) :

$$\text{Taux_d'humidité} = \frac{\text{Masse humide} - \text{Masse anhydre}}{\text{Masse anhydre}}$$

- Couleur du bois exprimée dans le système CIE L*a*b*



Données dendrométriques moyennes des parcelles suivies

Parcelle	Cultivar	Station	Age	Circonférence à 1,30 m (cm)	Hauteur moyenne découpe 20 cm(m)
Tonneins 1	Dorskamp			142	16,5
Tonneins 2	I-214			107	13,0
Coussan	I-214			115	14,5
Argenton 1	I-214			111	8,7
Argenton 2	I 45/51			104	11,8

Localisation des parcelles



Source : Google map