



Université du Québec
en Abitibi-Témiscamingue



Y a-t-il une deuxième vie possible pour les boues papetières ?

Adil ZERHOUNI; Ahmed KOUBAA et Talat MAHMOOD



Plan de la présentation

- ***Contexte***
- Objectifs
- Matériel et méthodes
- Résultats
- Conclusions



Papeteries et l'économie du Québec

L'industrie des pâtes et papiers est l'un des principaux leviers économiques du Québec (B.A.C.E, 2006):

- ▶ **27 962 travailleurs**, 5,5 % de l'ensemble des emplois de l'industrie manufacturière de la province
- ▶ La valeur des exportations en 2005: **7,3 milliards** de dollars, soit **9,7 %** de la valeur de toutes les exportations du Québec
- ▶ En 2006, le Québec a produit **46,1 % du papier journal du Canada** et en 2005, **9 % du papier journal du monde entier**.



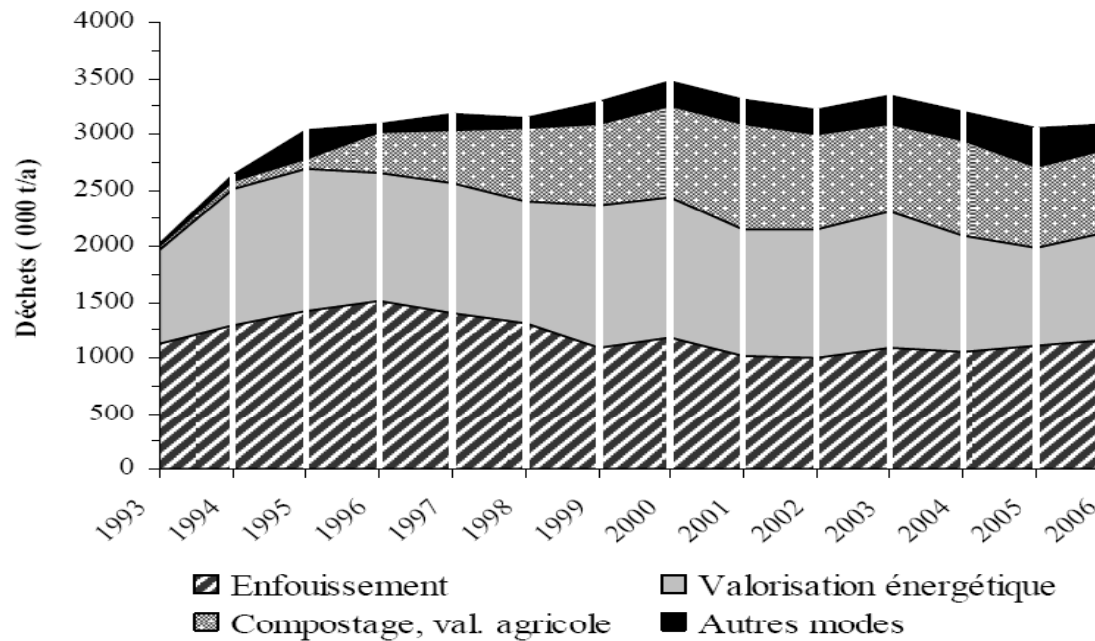
Les résidus papetiers

- Boues primaires :** Issues d'un traitement physico-chimique qui a pour but d'extraire facilement des matières en suspension et des matières organiques (très riche en fibres);
- Boues secondaires :** Issues d'un traitement biologique qui a pour objectif l'élimination des composés solubles d'origine organique (digestion des matières organiques par les micro-organismes)
- Boues de désencrage :** Boues générées à la station de désencrage par les tritrateurs, les cellules de flottation et les épurateurs.
- Cendres:** Provenant des appareils de combustion
- Autres résidus:** Écorces, nœuds et résidus de bois

Modes de gestion

En 2006, les papeteries du Québec ont générés (B.A.C.E, 2006) :

- **85 419** tonnes de boues primaires
- **1 947** tonnes de boues secondaires
- **1 599 114** tonnes de boues mélangées



(B.A.C.E, 2006)



Problématique reliée à la gestion des boues papetières

Législations environnementales:

- Réduire ou éliminer l'incinération:
 - Investissement élevé : séchage, incinération et traitement de fumées (El Ouazzani, 2005)
- Règles d'enfouissement très strictes et coût très élevé :
 - Aux États-Unis, plus de 239 \$ / tonne (Corbun, 1995);
 - Toxicité et émission des gaz : CO₂ et CH₄ (Finnveden et al, 1995)
 - Diminution du nombre de sites aux É-U : 15 000 à 6 000 en 1994 (Simons, 1994)
- Principe du 3-R dans la gestion des résidus:
 - ***Réduire, Réutiliser, Recycler***



Pistes de valorisation

Fertilisation des sols

- Bonnes propriétés pour amender les sols (BONI, 2004; Beauchamp, 2002)
- Faible teneur en N et P (Marsh et autres, 1998)
- Risque de contaminer la chaîne alimentaire (Priesnitz, 1999)
- Coûts élevés de traitement et de transport (Pickell et Wunderlich, 1995)

Béton et ciment

- Fabrication du béton (Ahmadi et Al Khaja, 2001)
- Transformation des boues en pouzzolanes utilisable dans l'industrie de cimenterie (Amrouz, 1996)

Panneaux à base de fibres de bois (i.e. MDF) (Geng et al, 2007)

- Production de panneaux de fibres à moyenne densité (MDF)
- Matière première riche en fibres à faible coût;
- Les boues **adhèrent bien aux fibres** : réduire les besoins en adhésifs;
- Alternative pour remédier aux restrictions d'accès à l'approvisionnement.
- Coûts de séchage et de transport élevés



Connaissances sur les caractéristiques des boues

Le bois et la fibre sont très variables; les résidus le sont plus:

- ☐ Peu de connaissances sur les caractéristiques des boues papetières
- ☐ La caractérisation est la plus importante étape dans tous processus de valorisation
- ☐ L'importance d'une caractéristique varie en fonction de la piste de valorisation

Caractéristiques importantes pour la fabrication des panneaux

- ☐ *Adhésion et pouvoir adhésif*
- ☐ *Propriétés chimiques*
- ☐ *Morphologie des fibres*
- ☐ Propriétés de séchage et de déshydratation



Plan de la présentation

- Contexte
- ***Objectifs***
- Matériel et méthodes
- Résultats
- Conclusions



Objectifs

Objectif général:

- ☐ Caractériser les propriétés des boues issues de trois procédés papetiers (TMP, CTMP et Kraft) dans une perspective de valorisation pour l'industrie des panneaux.

Objectifs spécifiques :

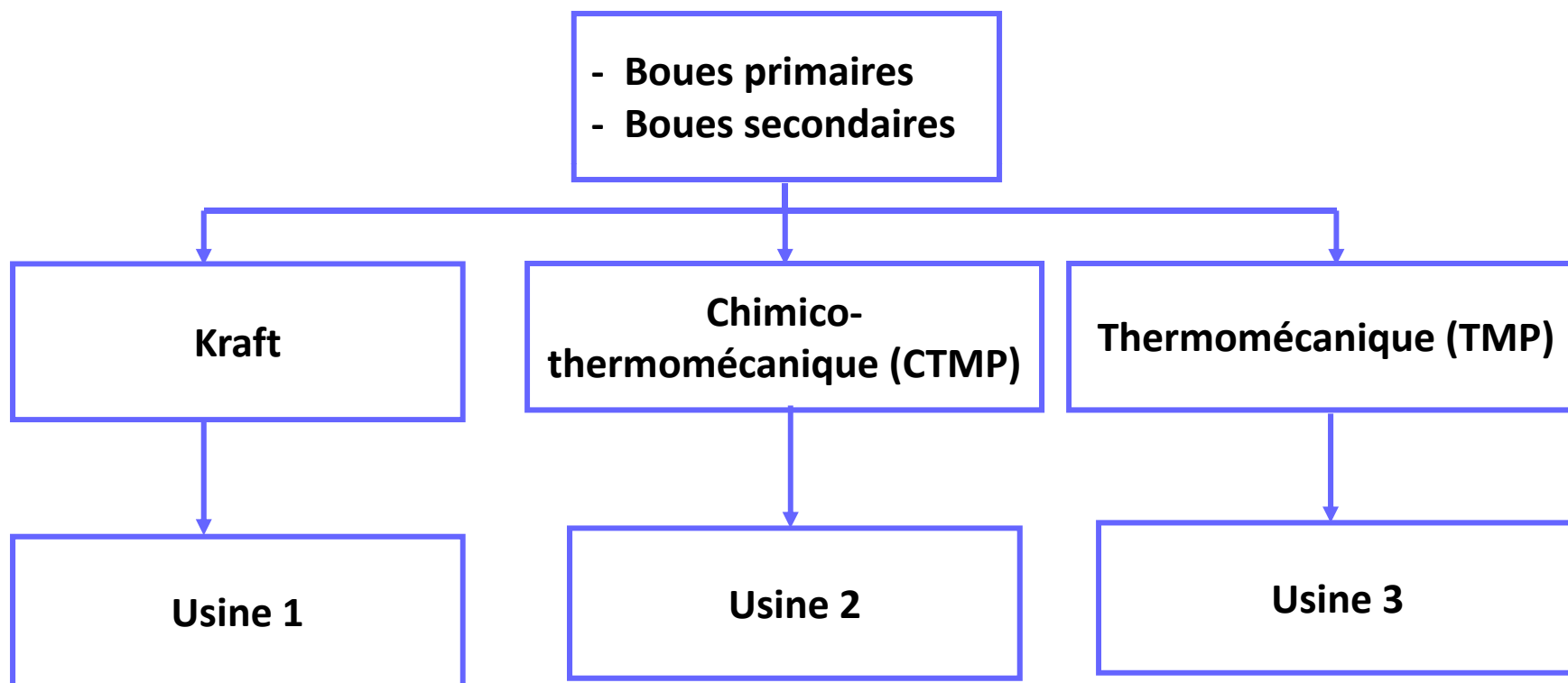
- ☐ Caractériser la morphologie des fibres des boues primaires (BP) et secondaires (BS) issues des 3 procédés;
- ☐ Déterminer les teneurs en celluloses, hémicelluloses et en lignine des BP et des BS issues des 3 procédés;
- ☐ Déterminer le pouvoir adhésif des fibres des BP et des BS issues des 3 procédés.



Plan de la présentation

- Contexte
- Objectifs
- ***Matériel et méthodes***
- Résultats
- Conclusions

Matériel





Méthodes

Morphologie de fibres:

- Longueur, diamètre, proportion des fines (FQA)

Propriétés chimiques:

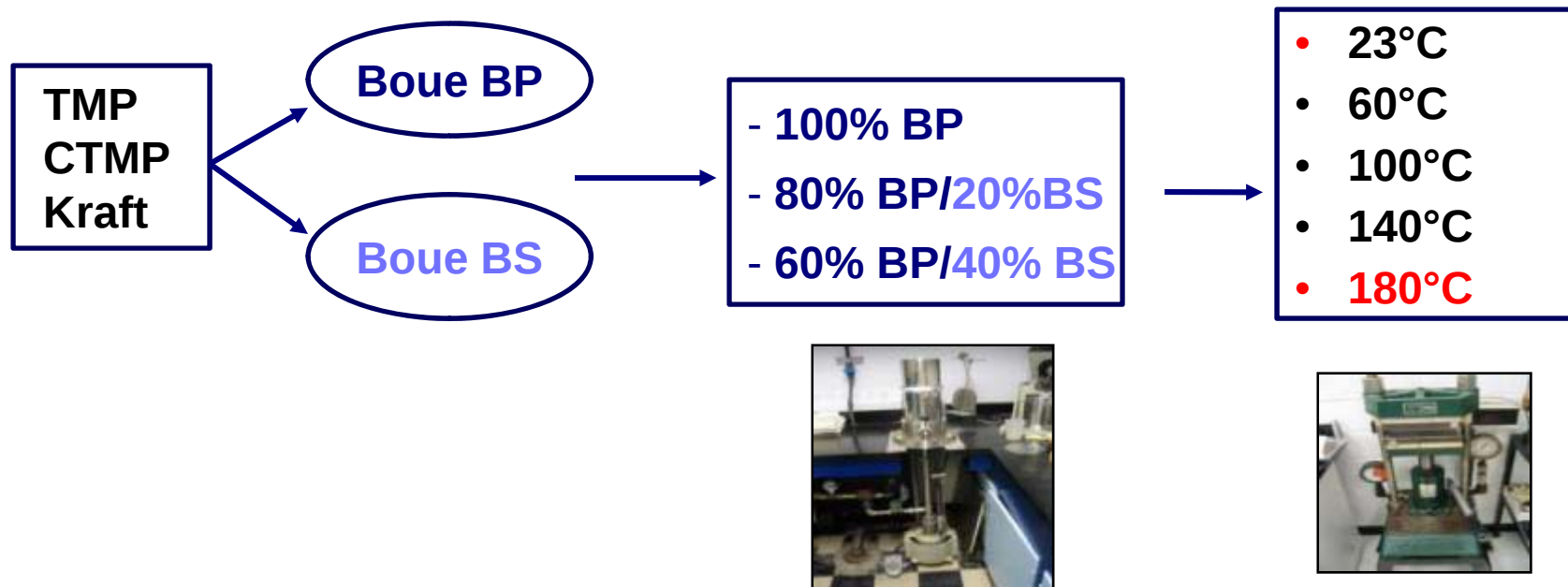
- Hydrates de carbone (Cellulose et hémicelluloses) (TAPPI T-203 om-83)
- Lignine soluble (Spectroscopie) et insoluble (T 222 om -88)
- Teneur en cendres

Adhésion /Pouvoir adhésif (Résistance des liaisons):

- Test de traction dans la direction Z:
 - Résistance Z
 - Résistance spécifique des liaisons

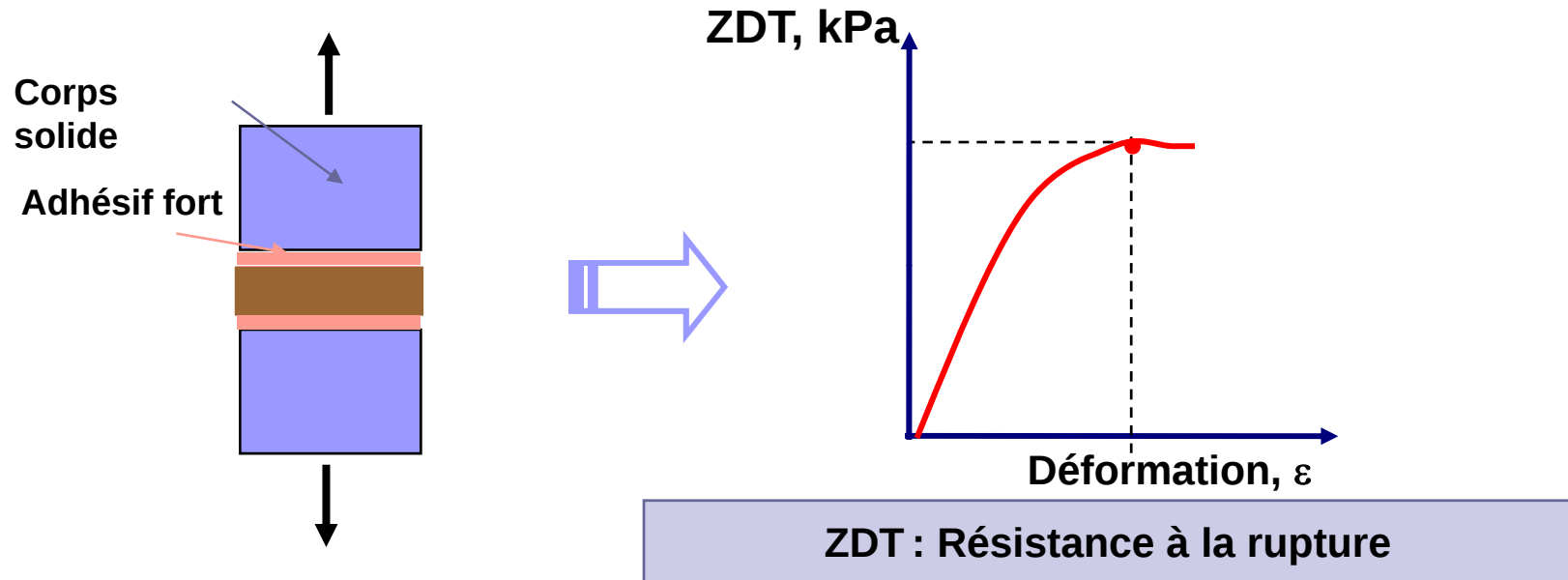
Résistance de l'adhésion (Préparation des formettes)

- Formettes de 60g/m², selon la norme PAPTAC C.4 avec une modification au niveau de la température de séchage
- Différentes formulations à partir de mélanges de BP et de BS issus de trois procédés (TMP, CTMP et Kraft)



Résistance des liaisons (Test de traction Z)

Résistance dans la direction Z: ZDT (PAPTAC D.37P)



Résistance spécifique des liaisons

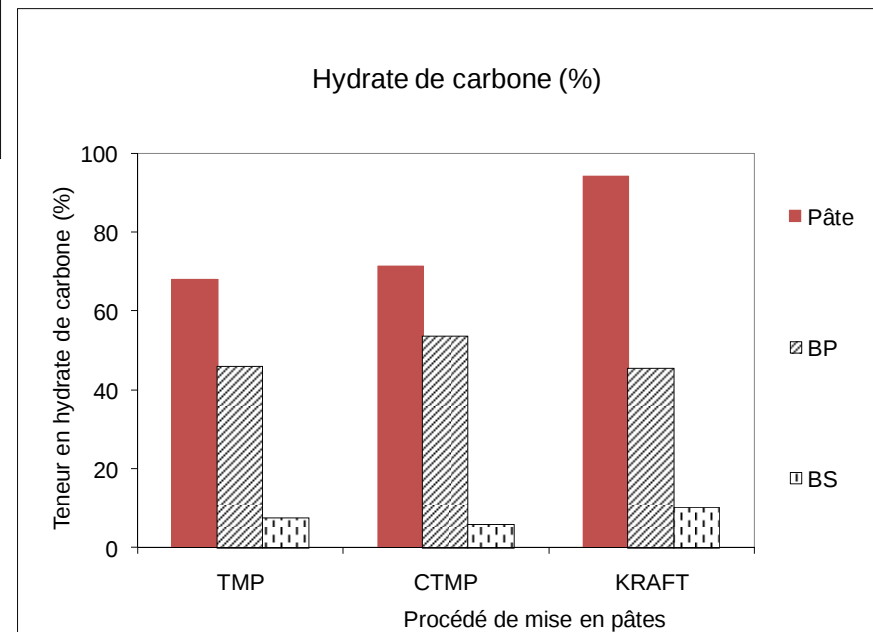
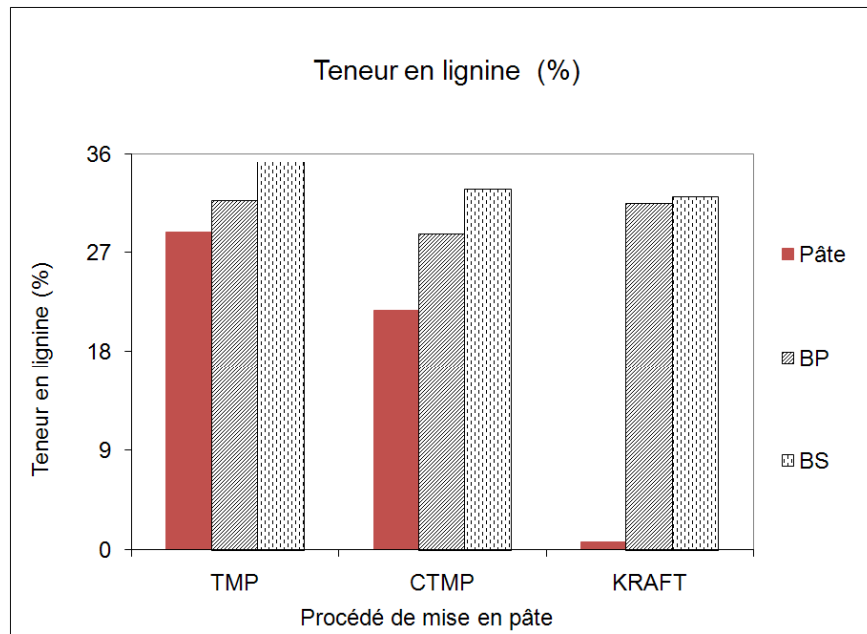
$$SZDT = ZDT / \text{Densité}$$



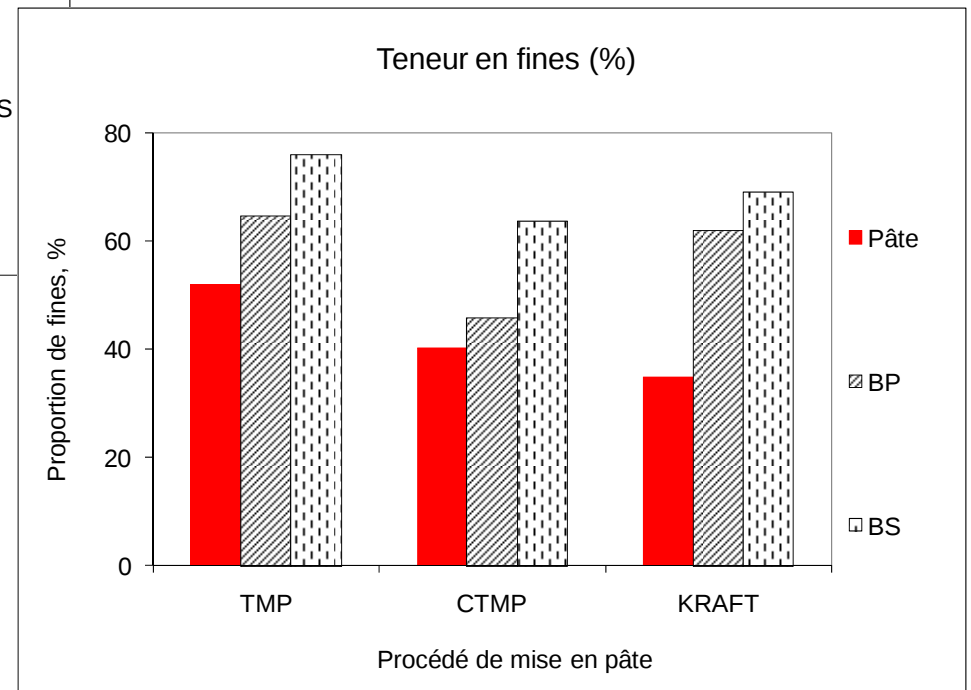
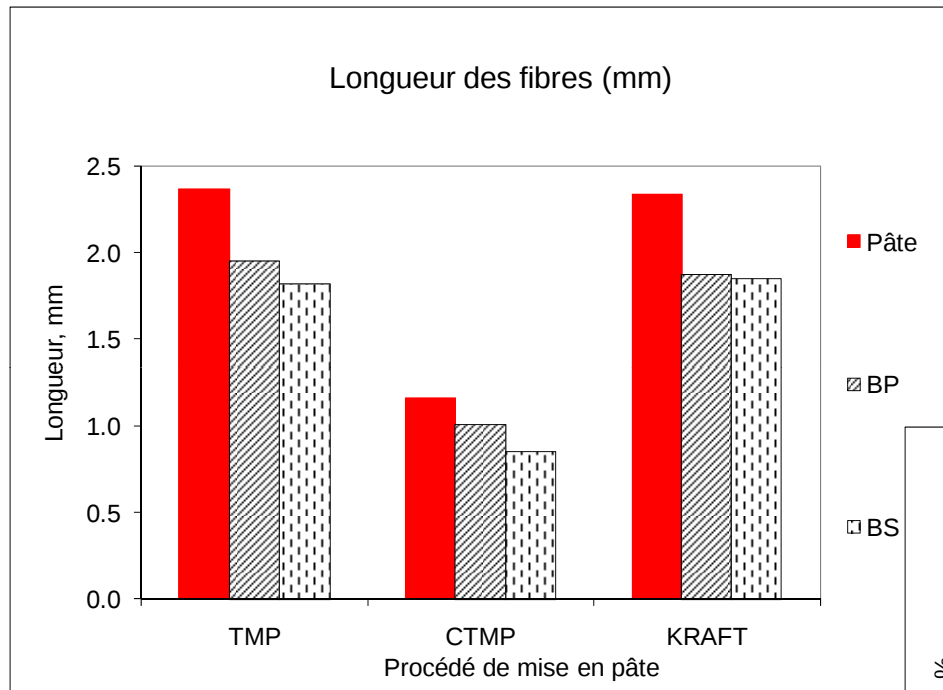
Plan de la présentation

- Contexte
- Objectifs
- Matériel et méthodes
- ***Résultats***
- Conclusions

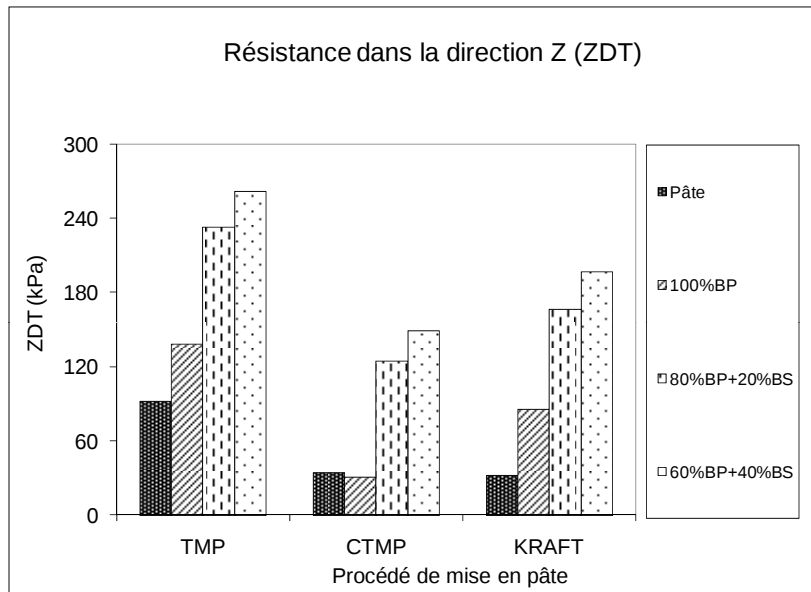
Propriétés chimiques



Propriétés morphologiques

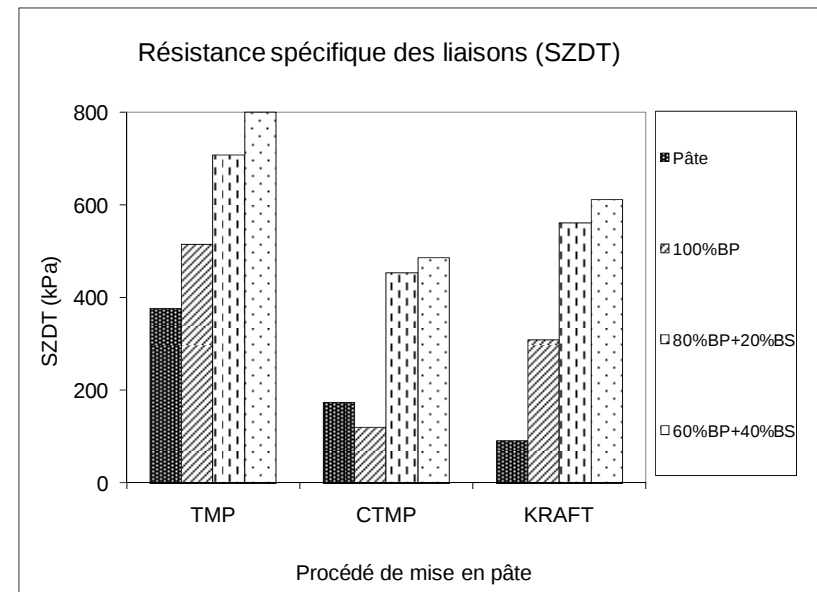


Résistance des liaisons

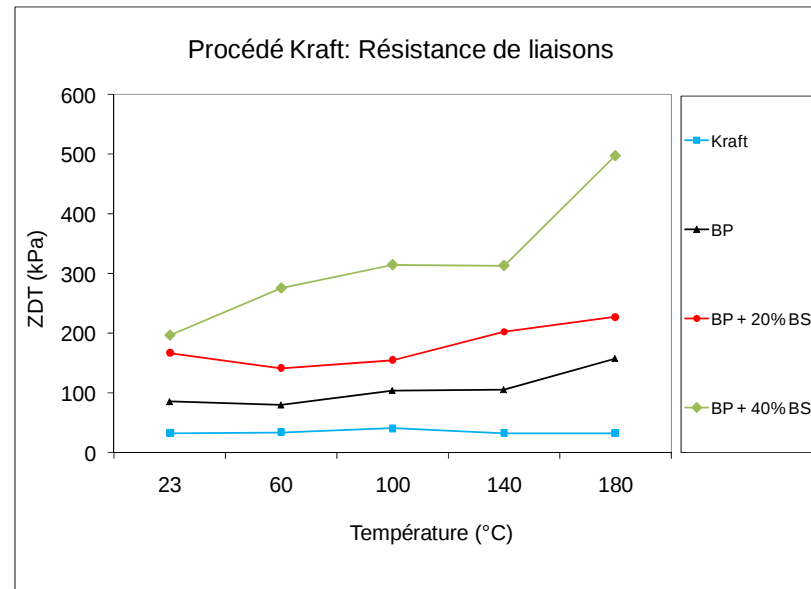
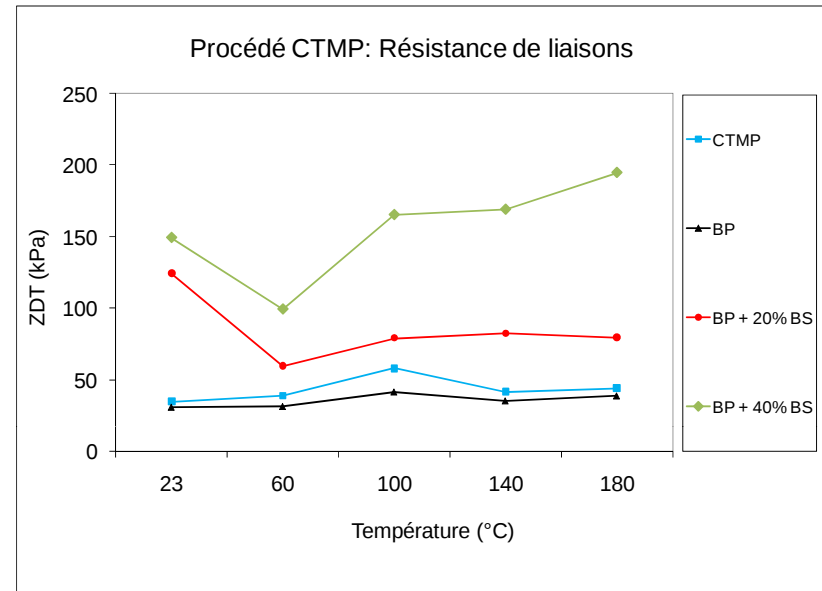
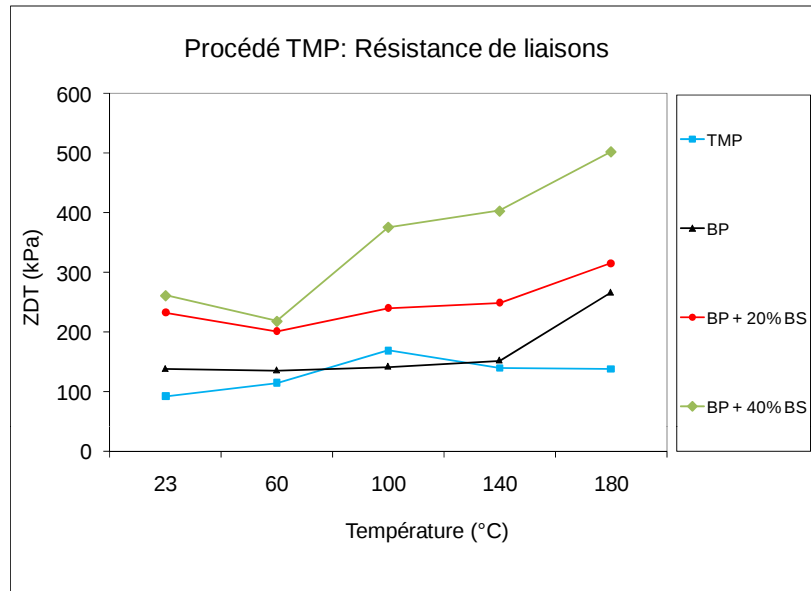


Les fines améliorent à la fois la surface de contact et la probabilité de formation des liaisons Hydrogène.

La résistance des liaisons augmente avec l'augmentation de la teneur en BS.



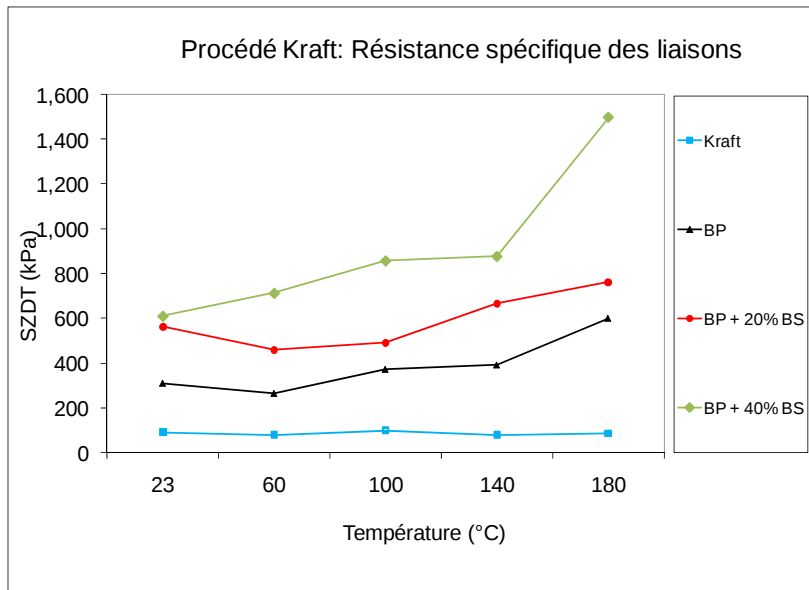
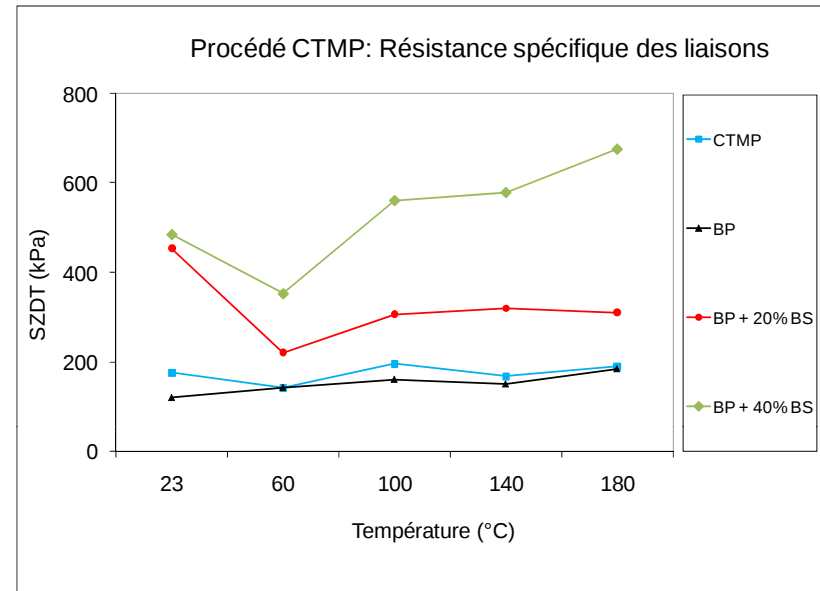
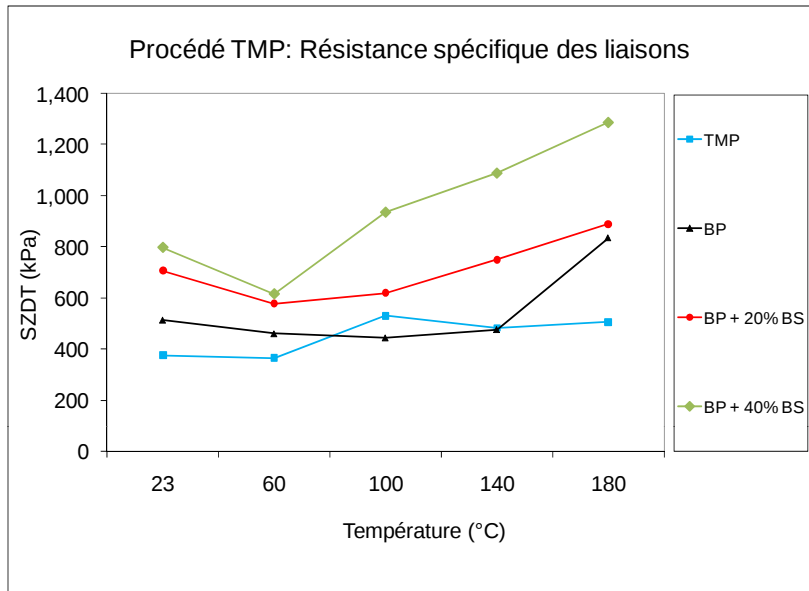
Variation de la résistance des liaisons avec la température



L'augmentation de la température de séchage a un effet bénéfique sur la résistance des liaisons. Cette amélioration peut être expliquée par les hypothèses suivantes :

1. L'augmentation dans la fréquence de liaisons hydrogénées ;
2. La fusion de la lignine qui protège les liaisons hydrogènes ;
3. Création de nouveaux types de liaisons, y compris des liaisons covalentes.

Variation de la résistance spécifique des liaisons avec la température



La résistance spécifique des liaisons augmente considérablement avec l'augmentation de la température (60% BP/ 40% BS):

1. L'augmentation de la fréquence des liaisons hydrogènes ne peut pas être la seule explication de l'effet bénéfique de la température;
2. Ce résultat nous amène à retenir l'hypothèse de la création de nouveaux types de liaisons



Conclusions

- Grâce à leurs teneurs en fines fibres, l'ajout des boues secondaires a amélioré d'une façon considérable la résistance des liaisons. En effet, les feuilles formées à partir de 60%**BP**/40%**BS** possèdent la résistance de liaisons la plus élevée.
- La température a un effet bénéfique sur l'amélioration de la résistance des liaisons. En passant d'une température de séchage de 23°C à 180°C, la résistance de liaisons a plus que doublée.
- Les feuilles formées à partir des boues issues du procédé TMP ont les résistances de liaisons les plus élevées.
- Les boues issues du procédé TMP présentent un grand potentiel dans une future utilisation comme matière première dans l'industrie des panneaux agglomérés.



Remerciements

FPInnovations, Division Paprican, particulièrement M. Talat Mahmood pour sa collaboration, l'accès aux laboratoires et le support continu dans la réalisation du projet.

Financement

- Chaires de recherche du Canada,
- FQRNT Partenariat Transformation du bois
- CRSNG : Programme de Recherche et développement coopérative
- FPInnovations, Division Forintek
- FPInnovations, Division Paprican

Les partenaires industriels pour le Support matériel

- Abitibi-Bowater
- Tembec
- Flakeboard