

Compte-rendu de suivi

Projet TRADE Chantier pilote n°2

Date de suivi : avril et juin 2019

Lieu : Forêt privée du GF de Magnitot (St Gervais - 95)

Type : Récolte mécanisée de gros houppiers feuillus à 1 engin ou à 2 engins.

1. Objectif du chantier pilote

L'objectif de ce suivi d'exploitation mécanisée de gros houppiers feuillus est de comparer, au stade « préparation de la régénération », deux systèmes d'exploitation :

- à un seul engin pour façonner et débarder => porteur équipé d'un grappin scie,
- à deux engins => pelle équipée d'une cisaille pour façonner et porteur pour débarder.

Ce suivi a pour objectif de déterminer quel système est le plus efficace tant d'un point de vue productivité, qu'environnemental (impacts au sol et aux arbres).

La coopérative Nord Seine Forêt Aménagement-Approvisionnement (NSF2a) et l'entreprise Sylvo Watts a fait appel à FCBA.

Merci chaleureusement aux conducteurs des entreprises SARL KOWAL et SOTRAFOREST, ainsi qu'à Pierre DUCRAY, Olivier OCTAU et Kilian DUVAL (NSF2a), Thibaud CHOPARD (Sylvo Watts) et aux propriétaires du GF de Magnitot, pour leurs disponibilités et implications lors de ce chantier pilote.

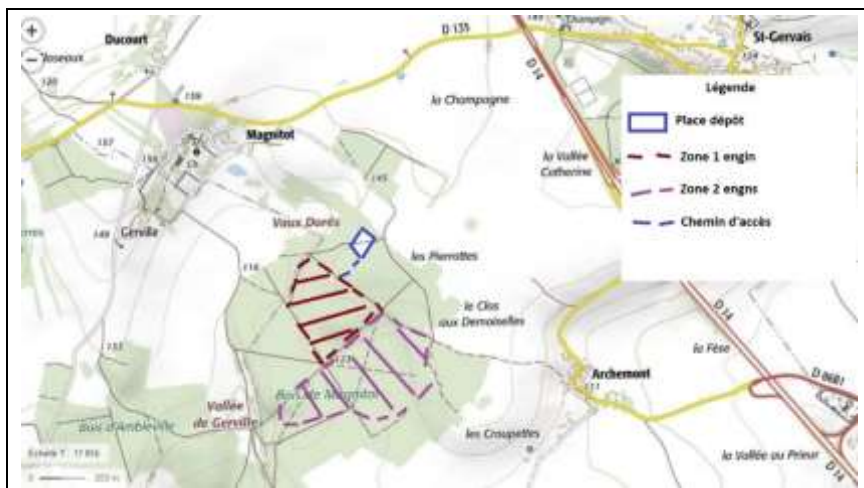
L'Institut Technologique a déjà travaillé sur ce sujet lors de l'accompagnement d'un stage de fin d'études d'un élève ingénieur forestier (Burban J., 2012. La mécanisation de la récolte des houppiers de gros feuillus, Mémoire de fin d'études, 20^e promotion 2009-2012. Formation des Ingénieurs forestiers d'AgroParistech-ENGREF, 69 p. + annexes) et lors d'une mission d'appui technique au pôle RDI de l'ONF, dont les résultats sont présentés en suivant le lien :

<https://www.fcba.fr/actualite/exploitation-mecanisee-des-houppiers-de-gros-bois-feuillus>

1. Caractéristiques de la parcelle

1.1 Localisation de la parcelle

La parcelle, au sein de laquelle les suivis ont eu lieu, fait partie d'un massif privé du Val d'Oise (95), appartenant au groupement forestier de Magnitot et géré par la coopérative NSF2a.



Siège social
10, rue Galilée
77420 Champs-sur-Marne
Tél +33 (0)1 72 84 97 84
www.fcba.fr

Siret 775 680 903 00132
APE 7219Z
Code TVA CEE : FR 14 775 680 903

Nord-Est
60, route de Bonnencontre
21170 Charrey-sur-Saône
Tél +33 (0)3 80 36 36 20

Institut technologique FCBA
Forêt, Cellulose, Bois – Construction, Ameublement

1.2 Caractéristiques générales



Peuplement avant exploitation (système à 2 engins)

Peuplement après exploitation des grumes et houppier à traiter (système à 1 engin)

<p><u>Type d'exploitation</u></p> <p>Récolte mécanisée des houppiers feuillus après coupe d'amélioration. A noter que cette éclaircie a été réalisée en 2017. Les houppiers ont donc déjà 2 ans. En effet ces houppiers devaient initialement être exploités sous forme de cessions à des particuliers. Mais devant la difficulté de trouver des personnes intéressées, il a été fait le choix d'opter pour la mécanisation de ceux-ci.</p>	<p><u>Surface du chantier</u> Environ 20 à 30 hectares en totalité</p> <p><u>Données sur les réserves constituant le peuplement</u> 85 % de chênes (diamètres moyens de 50 cm pour 30 m de hauteur totale), 10 % de hêtre et 5 % divers (merisier, tremble ...). La densité des chênes est 80 à 150 tiges / ha.</p> <p>La répartition des houppiers est très aléatoire : des zones sont très denses et d'autres très faibles en densité</p>
<p><u>Propreté de la parcelle</u> La parcelle présente un sous étage dense de 7 à 10 m de hauteur, par secteur, ce qui est pénalisant en matière de productivité</p>	<p><u>Pente</u> Le terrain est relativement plat (pente $\leq 10\%$) sur l'ensemble des deux systèmes étudiés, sauf un secteur du système à 1 engin où il y a présence d'une discontinuité avec une légère rupture de pente en bord d'un plateau.</p>
<p><u>Obstacles, risques particuliers :</u></p> <p>Pas d'obstacles particuliers</p>	<p><u>Etat du sol :</u> Portance qualifiée de bonne pour les 2 périodes de suivi (avril et juin 2019)</p>
<p><u>Cloisonnements :</u></p> <p>La parcelle n'est pas cloisonnée</p>	<p><u>Accès :</u> La place de dépôt se trouve dans une prairie du massif, à proximité de la parcelle accessible aux camions. Une partie de l'accès à la place de dépôt a été spécialement ouverte à travers le peuplement attenant, par la cisaille.</p>



Accès à la place de dépôt




Place de dépôt

2. Matériels et hommes


2.1 Système à un seul engin pour façonner et débarder : porteur équipé d'un grappin scie

Le conducteur travaillant avec le système a un seul engin, à une expérience significative de 30 ans en débardage, dont quelques années dans le façonnage et débardage des houppiers.

Le porteur utilisé dans le système à un engin est une machine dont les principales caractéristiques sont décrites ci-dessous.

	Marque et modèle	LOGSET 5F
	Année de mise en service	2010
	Motricité	8 roues (700 mm avant et 710 mm arrière)
	Masse à vide	19 tonnes
	Charge utile	12 tonnes
	Longueur (lame au sol)	10,12 m
	Empattement	2,80 m
	Garde au sol	0,65 m
	Grue	Loglift F71 FT 100 d'une portée de 10 m et couple de levage de 66 kNm équipée d'un grappin découpeur
	Heures machine (relevées lors du chantier)	12 500 heures machine

Ce porteur est spécifiquement équipé d'un grappin scie pour traiter les houppiers.

	Marque et modèle	GMT 050 (distribué par Gierlink)
	Masse de l'outil	395 kg
	Longueur du guide chaîne	50 cm
	Largeur d'ouverture maximale du grappin	122 cm
	Charge maximale du grappin	2 500 kg


2.2 Système à deux engins pour façonner et débarder

Dans le second système, les opérations de façonnage et de débardage sont dissociées dans le temps et fait donc appel à deux engins :


- Une pelle hydraulique équipée d'une cisaille : une pelle DOOSAN DX 235 de 27 tonnes, équipée d'une cisaille VIGNEAU CV 40 avec rotor à 60°. Elle est compacte et la portée de la grue est de 8 m.
- Un porteur sans équipement spécifique : un porteur LOGSET 6F d'une capacité de 14 tonnes de charge utile.

Les deux conducteurs ont des expériences différentes pour ce travail spécifique d'exploitation de houppiers feuillus :

- Celui de la pelle mécanique a 7 ans d'expérience en conduite de machines forestières mais ne réalise que son 3^{ème} chantier « houppiers »,
- Celui du porteur 6F a 6,5 années d'expérience en conduite.

Engin de façonnage		
	Marque et modèle	DOOSAN DX 235 LCR 5 (version compacte)
	Année de mise en service	2015
	Motricité	Chenilles métalliques
	Largeur chenilles	600 mm
	Longueur chenilles (axe)	3,65 m
	Masse à vide	27 tonnes (avec blindage forestier)
	Longueur	4,40 m
	Empattement	2,99 m
	Garde au sol	0,475 m
	Grue	Portée de 8 m
	Heures machine (relevées lors du chantier)	4 500 heures machine

Détails techniques de la cisaille		
	Marque et modèle	Cisaille Vigneau CV 40
	Année de mise en service	2016
	Masse de l'outil	1 150 + 337 kg
	Diamètre maximal de coupe	40 cm
	Largeur d'ouverture maximale	115 cm
	Accessoires	Rotation à 60° Attelage TILT

Porteur simple		
	Marque et modèle	LOGSET 6F GT
	Année de mise en service	2014
	Motricité	8 roues (710 mm)
	Masse à vide	18 tonnes
	Charge utile	14 tonnes (ranchers du milieu sont rehaussés de 25 cm)
	Longueur (lame au sol)	9,77 m
	Empattement	3 m
	Garde au sol	0,66 m
	Grue	Loglift 92 d'une portée de 10 m et couple de levage de 90 kNm
	Grappin	CRANAB CE 280 Largeur ouverture max : 150 cm
Heures machine (relevées lors du chantier)	57 heures machine (machine reconditionnée avec moteur neuf)	

3. Suivis de la productivité

3.1 Caractéristiques des houppiers faisant l'objet du suivi chronométrique

Pour chacun des systèmes, une zone d'étude a été identifiée et tous les houppiers ont été mesurés. Les caractéristiques relevées des houppiers sont :

- l'essence,
- le type : houppier ou autres (grumes, billons, chablis laissés par la précédente exploitation),
- le diamètre à la culée, en réalisant une double mesure croisée à 90 °,
- la longueur du houppier,
- le nombre de branches maîtresses de plus de 40 cm à leurs bases, permettant d'indiquer une forme générale du houppier.



Prise de mesure des caractéristiques des houppiers



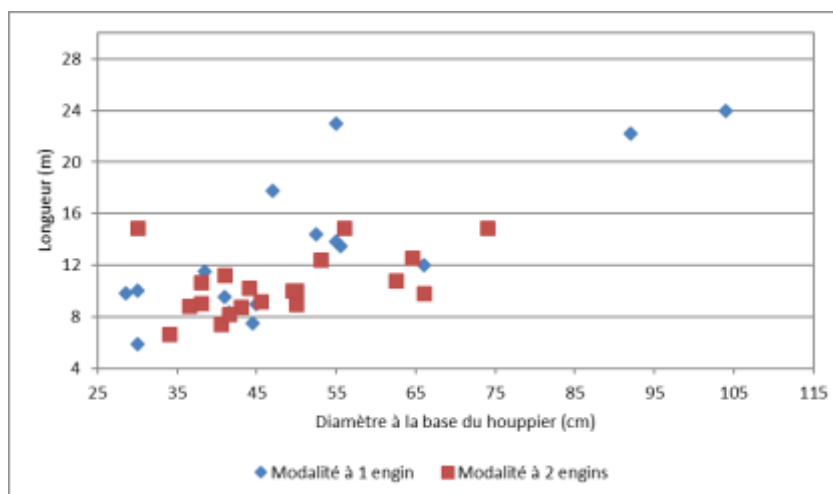
Houppier N°5 : diamètre à la base 56 cm et longueur 14,9 m
(système à 2 engins)



Houppier N°39 : diamètre à la base 66 cm
et longueur 12 m
(système à 1 engin)

Sur l'ensemble des suivis, il a été mesuré 32 houppiers (14 pour le système à 1 engin et 18 pour le système à 2 engins) et 1 grume de châtaignier, 3 chablis de charme et 1 billon de frêne.

La synthèse des données concernant uniquement les houppiers est présentée ci-dessous :



Les diamètres à la culée sont très variables et compris entre 28,5 et 104 cm.

Il est important d'indiquer que les houppiers de diamètre à la base du houppier de 92 et de 104 cm, dans le système à 1 engin, n'ont été façonnés et débardés que partiellement. En effet, ces tronçons de culée n'ont pu être chargés sur le porteur car la capacité de levage de la grue s'est révélée trop faible (66 kNm) et surtout que l'ouverture du grappin découpeur de 122 cm s'est révélée trop petite pour ces tronçons.



**Tronçon non chargé du houppier 25 :
masse estimée à environ
600 – 700 kg et diamètre
à la culée de 92 cm
Système à 1 engin**

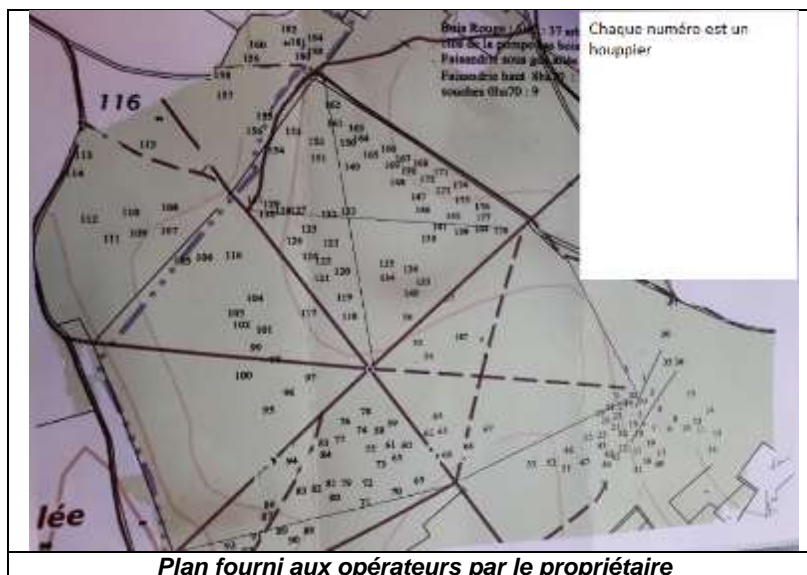
		Moyenne	Min.	Max.
Système 1 engin (14 houppiers)	Prélèvement houppiers et co-produits (tonne / ha)	23 (estimation)		
	Diamètre à la culée (cm)	52,8	28,5	104
	Longueur (m)	12,7	5,9	24
	Nb de charpentières > 40 cm de base	3,4		
Système 2 engins (18 houppiers)	Prélèvement houppiers et co-produits (tonne / ha)	14 (estimation)		
	Diamètre à la culée (cm)	49,2	34	74
	Longueur (m)	10,0	3,5	14,9
	Nb de charpentières > 40 cm de base	2		

Les caractéristiques des houppiers entre les deux systèmes sont très proches, dans leurs globalités hormis l'estimation du prélèvement à l'hectare et quelques très gros houppiers dans le système à 1 engin (cité précédemment).

A titre de comparaison avec les 268 houppiers mesurés sur les 7 chantiers ONF de 2013-2015, les diamètres à la base des houppiers sont également très variables et généralement compris entre 30 et 70 cm. Les diamètres moyens sont de l'ordre de 40-55 cm (40-45 pour les coupes d'amélioration et 45-55 pour les coupes de régénération). Le plus gros diamètre relevé sur les zones de suivis est de 90 cm. Les longueurs moyennes des houppiers sont de l'ordre de 10 à 15 m, avec des maximaux dépassants les 20 m. Les conformations entre les houppiers du chantier TRADE et ceux des chantiers de l'ONF sont similaires.

3.2 Organisation de chantier

La parcelle n'étant pas cloisonnée, les différents opérateurs avançaient au jugé, à l'aide d'un plan fourni par le gestionnaire forestier indiquant la position GPS des houppiers. Par ailleurs le conducteur de la pelle équipée d'une cisaille (système à 2 engins), du fait d'un sous étage relativement dense, descendait régulièrement de sa machine pour visualiser l'emplacement réel et l'accès des houppiers sur sa zone de travail.



La présence d'un sous-étage dense combinée à l'absence de cloisonnement d'exploitation s'est révélée pénalisante pour la progression des machines, notamment lors des déplacements à vide et du façonnage (recherche des houppiers à façonner), malgré le plan ci-dessus.



RAPPEL : Intérêts des cloisonnements d'exploitation

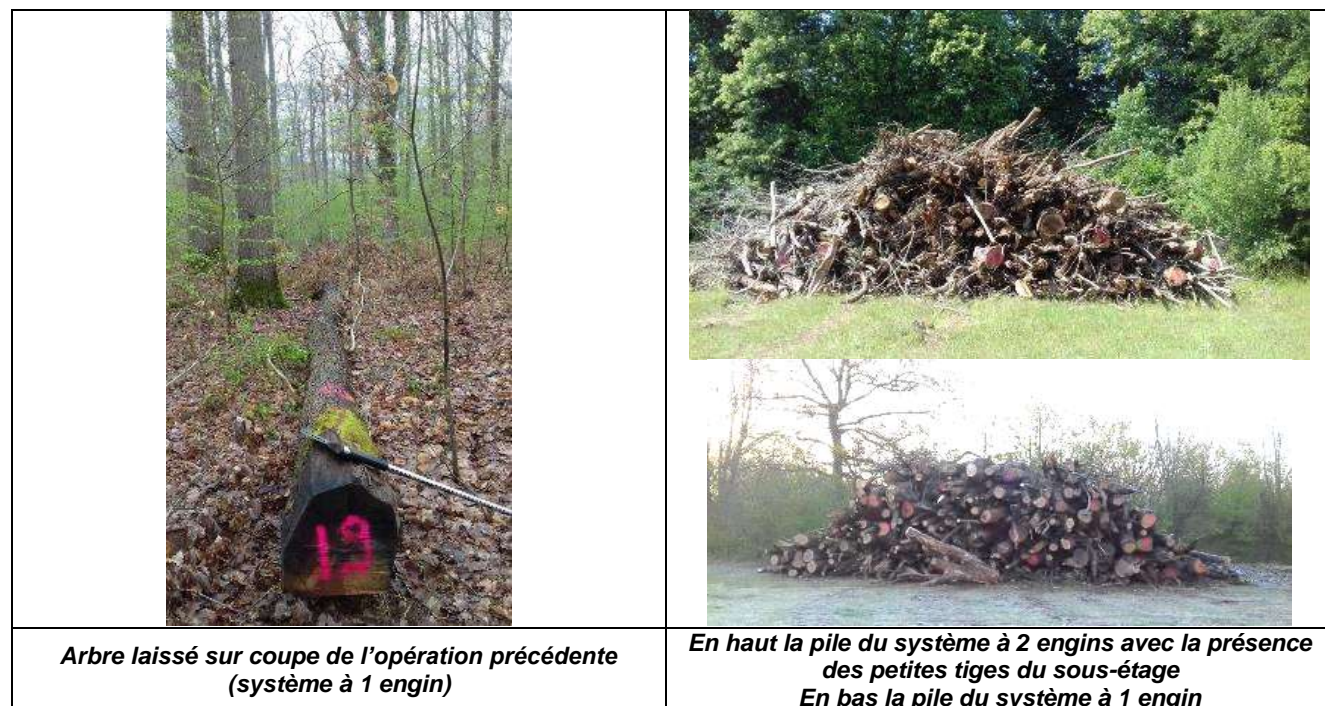
La mise en place d'un réseau de cloisonnements au préalable à l'exploitation a plusieurs avantages :

- Protéger le sol en minimisant la surface circulée par les engins forestiers, *Selon des études réalisées par FCBA, s'il n'y a pas de cloisonnement dans une parcelle, la surface circulée peut dépasser 60 % de la surface totale au cours d'un même chantier ; et la totalité de la surface de la parcelle finit par être impactée au fur et à mesure des chantiers.*
- Optimiser le travail d'abattage et de débardage des bois.
- Améliorer l'attractivité par une meilleure accessibilité des produits de la parcelle

3.3 Productivités

Les tonnages de l'essai correspondent à des tonnes brutes broyées et sont issues des pesées fournies en septembre 2019, par la chaufferie destinataire du produit, transmis par le gestionnaire du chantier bois énergie Sylvo Watts.

Il est à noter que sur ce chantier, on n'a pas récolté que les houppiers. On y récolte également des tiges abattues mais laissées sur coupe lors du débardage du bois d'œuvre, des tronçons de branches isolées cassées lors de l'abattage (12 à 16% en nombre d'effectifs) et en plus dans le système à 2 engins, les tiges du sous étage (non comptabilisées).



Les performances lors de l'exploitation des houppiers ont été relevées selon la méthode des Observations Instantanées (une observation toutes les 15 secondes), des différentes phases de travail des machines.

Les phases de travail ont été observées :

- pour le système à deux engins, sur la journée du 9 avril 2019 (façonnage à la cisaille) et sur la journée du 26 juin 2019 (débardage au porteur simple),
- pour le système à un engin, sur la journée du 11 avril 2019 (façonnage et débardage au porteur équipé d'un grappin découpeur).

	Système 1 engin	Système 2 engins	
	Porteur avec grappin scie	Pelle	Porteur
Jour du suivi	11 avril 19	9 avril 19	26-juin-19
Temps productif suivi (hh mm)	4 h 02	3 h 27	2 h 39
Nombre de houppiers	14	18	Nc
Nb de tours (débardage)	5		5
Tonnes brutes broyées à 32% d'humidité	28,0	36,7	44,1
Tonnes par tour	5,6		8,82

Il est à noter que les suivis chronométriques ont été réalisés dans des conditions non optimales : annonce du démarrage de certaines opérations à FCBA de manière tardive, ne permettant pas de réaliser un nombre plus important d'heures de suivi (principalement le suivi du 26 juin 2019).

Système à 2 engins – illustrations de certaines phases de travail



Façonnage du houppier



*Traitement du sous étage
(uniquement réalisé dans le système à 2 engins)*



Déplacement en charge du porteur



Déchargement du porteur sur la place de dépôt

Système à 1 engin - - illustrations de certaines phases de travail



Façonnage au grappin-scie du houppier



Chargement au fur à mesure des tronçons



Incident saut de chaîne

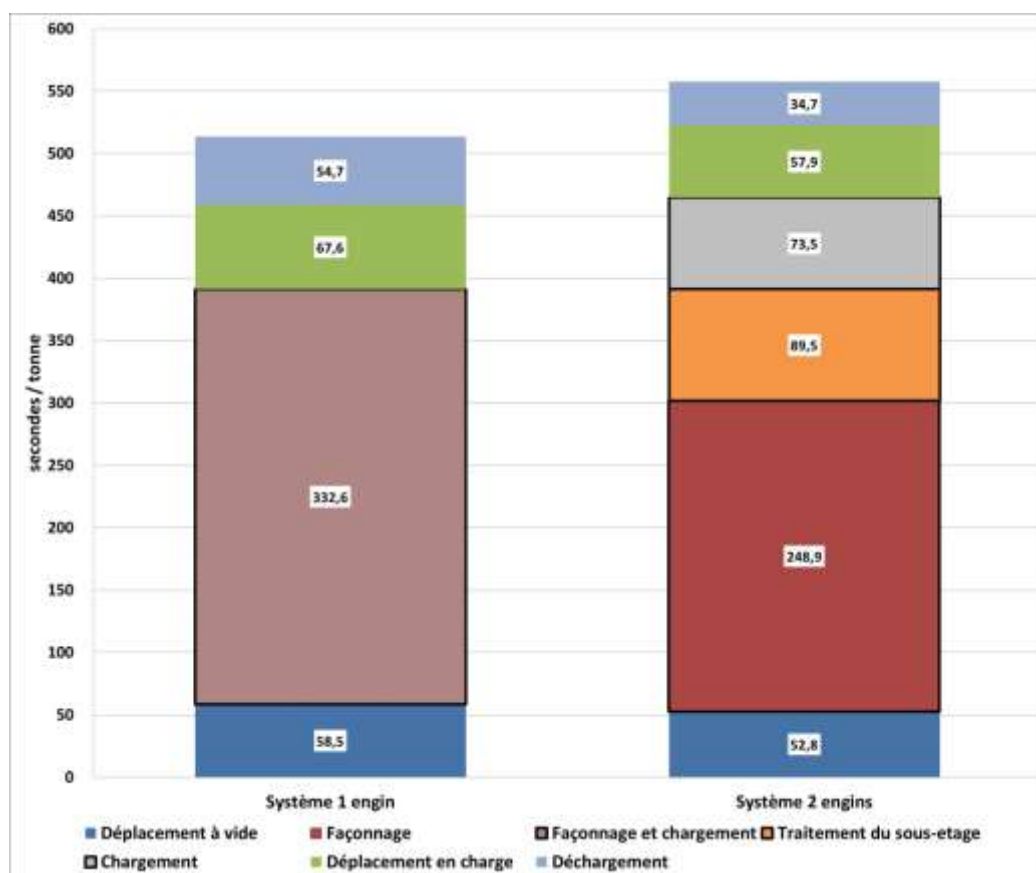


Déchargement sur la place de dépôt

L'analyse a été réalisée sur le temps productif (hors pauses et incidents de plus de 5 minutes pour tous les engins et pour la pelle hydraulique hors temps de déplacement pour se rendre sur la coupe) nécessaire pour traiter une tonne de bois brute. Raisonner en secondes par tonne permet ainsi, d'additionner les temps des différents engins.

Ce temps comporte :

- pour le système à 1 engin, toutes les phases de travail de l'engin, c'est-à-dire le déplacement à vide depuis la place de dépôt jusqu'au premier houppier, le façonnage-chargement de tous les houppiers du cycle, le déplacement en charge jusqu'à la place de dépôt et pour finir le déchargement,
- dans le cas du système à 2 engins, tout le temps de travail de la pelle a été assimilé à du temps de « façonnage », en distinguant toutefois la part liée spécifiquement au traitement du sous-étage. Pour le porteur de ce système, il n'y a donc pas de phase de façonnage mais simplement une phase de chargement ainsi que les autres phases habituelles : les déplacements à vide et en charge et le déchargement.



L'écart entre les deux systèmes sur le temps productif nécessaire pour traiter une tonne de houppiers est faible (- 44 secondes/tonne) avec une légère faveur au système à 1 engin :



- 513 secondes/tonne (8 min 33) pour le système à 1 engin,
- 557 secondes/tonne (9 min 17) pour le système à 2 engins.

Les temps de déplacement (à vide et en charge) sont difficiles à comparer car les distances de débardage et les charges utiles des engins sont légèrement différents : pour le système à 1 engin, de 531 à 1040 m et pour le porteur du système à 2 engins, de 575 à 825 m. Les temps de déchargement dépendant davantage de l'engin et de la configuration de la place de dépôt.

Une analyse focalisée sur les phases (« façonnage » et « chargement ») permet de mieux différencier les deux systèmes. Il ressort que :

- le temps de travail productif de la pelle (« façonnage » sur la figure ci-dessus), hors traitement du sous-étage, est de 249 secondes/tonne (4 min 09/tonne) additionné au temps de « chargement » du porteur (74 secondes/tonne ou 1 min 14/tonne) on obtient 323 secondes/tonne ou 5 min 22/tonne. Le temps de « façonnage et chargement » du porteur équipé de grappin scie est légèrement supérieur, soit 333 secondes/tonne ou 5 min 33/tonne (+ 10 secondes/tonne).

- dans le système à 2 engins, la pelle lors du façonnage essaye d'optimiser le travail ultérieur du porteur : elle coupe les bois en relativement courtes longueurs et constitue des javelles avec des bois bien empilés et toutes ces opérations prennent du temps ; De plus la pelle réalise également le traitement du sous-étage, ce qui nécessite du temps supplémentaire et peu de volume de bois supplémentaire (+ 89 secondes/tonne ou 1 min 30/tonne soit 22% du temps productif hors déplacement). Néanmoins cela permet de rendre un chantier « plus propre » aux yeux des propriétaires et des gestionnaires.

	
<p>Sur le dessus de la javelle présence de brins de sous-étage (coupé sur la gauche) Sur la droite, sous-étage non exploité (système à 2 engins)</p>	<p>Sous-étage couché à l'aide de la machine pour se créer un passage pour circuler (système à 1 engin)</p>

4. Performance économique sur la totalité du chantier

Il a été décidé de baser l'étude économique sur le coût de revient technique, c'est-à-dire le coût direct d'une machine et de son opérateur. Ce coût n'intègre pas les frais de structure de l'entreprise (salaires et charges liés au personnel d'encadrement, loyers des bureaux et ateliers, taxes et impôts...) ni la marge. Il ne correspond donc pas à un prix de vente, qui résulte de la négociation entre le client et le prestataire.

Le coût de revient technique se décompose en 3 grandes rubriques :

- **les charges fixes** : amortissement ou crédit-bail de la machine, frais financiers liés au crédit, assurance de la machine ;
- **les frais de fonctionnement** : carburant, lubrifiants, outillage et fournitures, entretiens, réparations, service après-vente, frais de transfert entre chantiers ;
- **les frais de personnel** : salaires et charges, frais de déplacement des conducteurs de machines.

Les coûts techniques par tonne (€/t) se déduisent à la fois du coût technique horaire (€/hh) et de la productivité moyenne, exprimée en tonne par heure horamètre (t/hh).

C'est cette dernière qui est habituellement utilisée par les opérateurs de terrain. Rappelons qu'elle est plus faible que la productivité exprimée en tonne/heure machine productive (t/hmp), car elle prend en compte tous les temps de fonctionnement de la machine (déplacements, entretiens...) et elle est calculée pour l'intégralité du chantier.

$$\text{Coût technique par tonne} = \frac{\text{Coût de revient technique par heure horamètre}}{\text{Productivité moyenne}}$$

L'estimation est basée sur :

- **Les éléments journaliers collectés** à travers des carnets de bord élaborés par FCBA et remplis par les conducteurs (nombre de jours ; heures d'arrivée et de départ du chantier ; temps d'entretien, de pause ou autres comme par exemple : « visite du garde particulier » ; horamètre machine du matin et du soir ; nombre de tours pour les engins de débardage,
- Les **quantités et les humidités des bois à l'issue des broyages**, collectées par la chaufferie client, transmis par le gestionnaire bois énergie (entreprise Sylvo Watts),
- Les **coûts de revient techniques horaires** ont été calculés à l'aide du progiciel PROCOU, développé par l'Institut Technologique FCBA, (dont une version est disponible sur le site www.outils-appro.fcba.fr) et des données fournies par les entreprises intervenantes sur ce chantier.

Les éléments collectés ou transmis sont présentés dans les tableaux suivants **en gras** :

	Système à 1 engin	Système à 2 engins	
	Porteur avec grappin scie	Pelle	Porteur
Nombre de jours de chantier	3,5	4	2,5
Temps de présence sur chantier (hh:mm)	32 h 37	31 h 10	24 h 20
Total du temps horamètre (hh:mm)	28,5 h	27 h	19 h
Taux d'utilisation de la machine (HHM / temps présence)	87 %	87 %	78 %
Nombre de cycles de débardage	27		24
Quantité Livraison (tonnes brutes broyées)	215,5		201,8
Tonnage broyé moyen à 32 % d'humidité par cycle de débardage (tb broyées/porteur)	8,0		8,4
Capacité de charge utile – en billons - (tonnes)	12		14
taux de charge	67%		60%

La totalité de ce chantier de 400 tonnes broyées s'est déroulé en 10 jours sur 2 périodes différentes.

Sur l'ensemble du chantier, les tonnages par cycle de débardage sont proches (8 tonnes broyées et 8,4 tonnes broyées). Le taux de charge (tonnage transporté moyen par cycle/capacité de l'engin) est dans la logique des taux de charge des porteurs travaillant dans le bois énergie, observés par FCBA sur d'autres chantiers (55 à 65 %). Sur ce chantier pilote, le taux de charge du porteur du système à 2 engins inférieur de 7 % à celui du système à 1 engin. Cette différence s'explique parce que l'on retrouve beaucoup de petites tiges du sous-étage dans les javelles de la pelle (beaucoup de volume mais peu de masse) et que le conducteur du porteur a également passé un certain temps à chercher certaines javelles (effet de la non présence des cloisonnements qui auraient structuré le cheminement du porteur).

A noter que pour le système à 1 engin, on constate une différence de tonnage par cycle de débardage pendant les chronométrages FCBA (5,6 tonnes broyées/ cycle) à celle calculée à partir du carnet de bord rempli par le conducteur (8 tonnes broyées). L'explication de cette différence est que le conducteur dans les premières heures du chantier « prend ses marques » sur le chantier et observe les possibilités de déplacement et chargement dans le but d'optimiser ses chargements ultérieurs.

	Système à 1 engin	Système à 2 engins
Date de fin de chantier	16/04/2019	27/06/2019
Jours de livraison	23/04/2019 24/04/2019	8/07/2019 9/07/2019
Quantité Livraison (tonnes brutes broyées)	215,5	201,8
Humidité moyenne pondérée par la quantité livraison (%)	32,8	33,0
Quantité Anhydre (tonnes brutes)	144,9	135,9
Total de camions en équivalent camion de 24 tonnes de plaquettes	8,98	8,41
Moyenne pondérée vol Tbrutes livrée/camion de 24 tonnes de plaquettes	26,9	23,9

Les éléments de broyage transmis par la chaufferie, ce qui permet de calculer un nombre de camions chargés en équivalent de camions de 24 tonnes de plaquettes prêtes à être livrées (valeur de référence de 24 tonnes indiquée par les différents gestionnaires de chantiers bois énergie) et la moyenne du volume par camion type. Concernant le tonnage par camion, la différence entre les deux systèmes s'explique notamment par le fait que dans la pile du système à 2 engins, on retrouve les petites tiges du sous-étage (cf 3.3 Productivités).

On peut noter également que les gestionnaires de chantier ont fait l'effort de faire réaliser les broyages des piles immédiatement après le débardage permettant d'avoir rapidement les données pour l'étude du chantier pilote.

Les coûts de revient techniques horaires calculés sont de 97 € pour une pelle de 28 T équipée d'une cisaille,

91 € pour le porteur de 14 T et 96 € pour le porteur de 12 T équipé d'un grappin scie (données fournies par les entreprises).

Sur la base de ces différents éléments, les productivités moyennes horaires ainsi que les coûts par tonne sont les suivants :

	Système à 1 engin	Système à 2 engins	
	Porteur avec grappin scie	Pelle	Porteur
Productivité moyenne (t/hh)	7,8	7,5	10,6
Coût de revient technique par heure horamètre (€/hh)	96	97	91
Coût technique par machine (€/t)	12,3	13	8,6
Coût technique par système (€/t)	12,30	21,60	

La différence entre les deux systèmes est de 9,30 €/tonne (22 % de différence) en faveur du système à 1 engin. D'un point de vue strictement économique, ce type de chantier est très nettement à l'avantage de ce dernier. Dans le système à 2 engins, la pelle perd beaucoup de temps avec le sous-étage dense (recherche à pied des houppiers par le conducteur et traitement du sous-étage), ce qui est dû à une parcelle non cloisonnée au préalable. Cette absence de cloisonnement a également un impact sur le porteur simple et le porteur avec grappin scie mais dans une moindre mesure (cf page 11).



Il est important de rappeler qu'il s'agit bien là de coûts techniques (hors frais de structure et hors marge) calculés dans les conditions de ce chantier pilote, et non de tarifs de prestation.

5. Impacts environnementaux après exploitation

5.1 Impacts aux arbres

Les observations ont été faites sur tous les arbres restant après cette exploitation, le long des transects sur une bande de 4 m de large. Les informations suivantes ont été relevées pour chaque arbre :

- Essence, diamètre à 1,30 m, à partir de la classe de diamètre précomptable de 10 cm,
- Blessures liées à cette exploitation : nombre, localisation sur l'arbre, gravité et surface de la blessure la plus importante

	
Blessure légère à la bille de pied (frottement de l'écorce, sans son arrachement) Sans incidence	Fibres touchées sur la bille de pied A proscrire

✓ Nombre et taux de blessures

		Système à 1 engin	Système à 2 engins
Avec les classes 10 et 15	Nombre d'arbres inventoriés	44	41
	Nombre d'arbres blessés	3	5
	Taux d'arbres blessés	7 %	12 %

		Système à 1 engin	Système à 2 engins
Sans les classes 10 et 15		25	35
		1	5
		4 %	14 %

Sur une quarantaine d'arbres observés par système, avec un diamètre de précomptage de 7,5 cm, le système à 2 engins a fait légèrement plus d'impacts aux arbres (12 % versus 7 %)
 Selon le classement des chantiers élaboré par AFOCEL en 2006 (cf encadré ci-dessous), le système à 2 engins peut être qualifié de « médiocre ». Quant au système à 1 engin, il est dans la catégorie « moyen ».

Observatoire des impacts de l'exploitation forestière

Fiche-Informations-Forêt n°737 - ISSN : 0336-02 – AFOCEL - Emmanuel CACOT, David PEUCH

https://www.fcba.fr/sites/default/files/files/fif733_observatoire%20des%20impacts.pdf

Ce travail a permis de concevoir différentes clés de classement des chantiers selon l'intensité des impacts, notamment selon le pourcentage d'arbres blessés :

	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
% de surface circulée	0 < % ≤ 15	15 < % ≤ 25	25 < % ≤ 33	33 < % ≤ 40	> 40
% d'ornières	0	0 < % ≤ 3	3 < % ≤ 5	5 < % ≤ 10	> 10
% de blessures aux arbres	≤ 2	2 < % ≤ 5	5 < % ≤ 10	10 < % ≤ 20	> 20

Si on enlève les classes de diamètre 10 et 15, on a une augmentation de 2 % et toujours un classement « médiocre », pour le système à 2 engins. Les blessures étaient sur les arbres à diamètre supérieur à 55 cm.
 Pour le système à 1 engin, 2 arbres blessés faisaient partis des « petits diamètres ». On passe de 7 % à 4 % d'arbre blessés, alors on change de catégorie de « moyen » à « bon ». Cependant ce classement obtenu est également à nuancer en relation avec la gravité et le l'emplacement des blessures.

✓ Gravité et emplacement de la blessure

En ne tenant pas compte des classes de diamètres 10 et 15, qui peut être considéré comme l'accompagnement des arbres de réserve et que des blessures légères comme le frottement d'écorce sur des chênes de 50 cm de diamètre n'a pas d'impact réel sur l'arbre, on obtient les résultats ci-dessous :

		Système à 1 engin	Système à 2 engins
Nombre d'arbres inventoriés		25	35
Nombre d'arbres blessés (à partir de la classe diamètre 20)		1	5
Nombre de blessures observées		1	7
Gravité des blessures (sur le nombre de blessures)	Blessures légères (frottement sur écorce)	1	3
	Blessures graves (écorce arrachée avec ou sans fibres atteintes)		4
% des arbres blessés avec des blessures graves		0 %	5 %
Localisation des blessures (sur le nombre de blessures)	Racine		
	Souche (0 à 30 cm)		2
	Bille de pied (30 à 1 m)		2
	Tronc (+ 1 m de haut)	1	3

Pour conclure, c'est le système à 2 engins qui engendre le plus de dégâts en nombre de tiges et en gravité de blessures. Si on observe en détail les blessures graves dans ce système d'exploitation, cela concerne au final seulement 2 chênes de diamètre 55 cm à hauteur d'homme sur un ensemble de 35 arbres (soit 6% des arbres). Le classement qualitatif évolue par conséquent à « très bon » pour le système à 1 engin et « moyen » pour le système à 2 engins. Néanmoins, ce type de blessure peut avoir sur le long terme un impact négatif sur la qualité du bois (accès au bois pour divers champignons...). On peut penser qu'une part de ces blessures aurait pu être évitée avec la mise en place de cloisonnements d'exploitation et une réalisation en période hors sève.

De plus, l'effet conducteur est souvent le facteur le plus important. Pour qualifier cet effet conducteur, il faudrait compléter les résultats obtenus par d'autres paramètres (visibilité depuis la cabine, positionnement des bois, dimensions de la machine en lien avec l'espace avec les arbres du peuplement restant...).

6. Principaux enseignements

Ce chantier d'exploitation de houppiers feuillus dans ce TSF de chênes a permis de comparer deux systèmes d'exploitation : système à deux engins (pelle TP équipée d'une cisaille et un porteur) avec un système à un engin (un porteur équipé d'un grappin scie).

Organisation

- ↳ La place de dépôt était d'une surface importante, facilitant la constitution des piles et la circulation des machines.
- ↳ La mise en place de cloisonnements avec une matérialisation au préalable de l'exploitation aurait permis de :
 - Réduire les dégâts aux arbres,
 - Avoir moins de surface circulée,
 - Faciliter le travail des opérateurs : ils n'ont plus à se questionner « par où dois-je passer ? », « où sont les houppiers ? même à l'aide du plan localisant les houppiers.
 - Améliorer l'attractivité des produits et de réalisation pour les acteurs économique.
- ↳ Pour ce chantier, les conditions météorologiques n'ont pas induit des problèmes de portance. Un système à 2 engins (pelle mécanique avec scie et porteur) permet de dissocier les opérations dans le temps, ce qui peut s'avérer intéressant quand les conditions de portance se dégradent.

Productivités

- ↳ Le système à 1 engin est légèrement plus performant (- 44 secondes/tonne) pour traiter une tonne de bois que le système à 2 engins. La différence sur ce chantier est moins nette que lors des précédentes études de cas réalisées par FCBA.
- ↳ Dans le système à 2 engins la pelle réalise également le traitement du sous-étage, ce qui nécessite du temps supplémentaire (+ 1 minute 30 /tonne) et engendre une qualité de plaquettes différente. Et cela permet aussi de rendre un chantier « plus propre » aux yeux des propriétaires et des gestionnaires. Le taux de charge du porteur 14 tonnes est de 60 %, celui-ci aurait pu être amélioré s'il n'y avait pas autant de petites tiges du sous-étage dans les javelles. A étudier si ces tiges auraient pu être laissées sur le parterre de coupe.

Impacts environnementaux

- ↳ Selon le classement AFOCEL 2006, le système à 1 engin peut se qualifier de chantier « très bon » en termes d'impacts aux arbres avec un score nul sur les arbres de diamètre supérieur à 20 cm.
- ↳ Le système à 2 engins, quant à lui, se qualifie de « moyen » avec 6% des arbres inventoriés et portant des blessures graves. Il faut retenir que ces blessures se situent majoritairement sur la bille de pied ou le tronc. Ce type de blessure peut avoir sur le long terme un impact négatif sur la qualité du bois (accès au bois pour divers champignons...).

Bilan économique

- ↳ Sur l'ensemble du chantier, le système à 1 engin est nettement le plus intéressant économiquement (12,30 €/t en coût technique hors frais de structures et marges, versus 21,60 €/t). En effet, les productivités du système à 2 engins ont révélé les effets négatifs cumulés de l'absence de cloisonnements d'exploitation et d'un traitement du sous-étage dense sur le bilan économique de ce système.

Sécurité

- ↳ N'oublions pas que si le travail de démembrement est réalisé manuellement, cela oblige régulièrement le bûcheron à se positionner en plein milieu du houppier, sans avoir toujours la possibilité de se mettre à l'abri si des branches sous tension éclatent. La mécanisation participe à diminuer les accidents en exploitation forestière.

Xavier MONTAGNY (FCBA)

**Avec la précieuse contribution des entreprises pour l'analyse économique
Avril 2020**

N.B. : Les résultats présentés dans ce compte-rendu sont spécifiques à la zone du chantier étudiée, et ne doivent pas être extrapolés.

Intérêt de la pesée semi-automatisée pendant le chantier

La connaissance, au fur et à mesure de l'avancement du chantier, de la masse brute de bois récoltée, notamment quand il s'agit de bois énergie en vrac, est une information très utile pour la gestion de la logistique (connaissance des stocks, planification des opérations de broyage, enlèvement et livraison client...) comme de la relation contractuelle avec les prestataires (factures intermédiaires).

Depuis quelques années les grues des engins (porteurs ou camions) peuvent être équipées d'instruments de mesure (pesons) et de transmission des données adaptés aux produits forestiers. Le peson est installé entre la grue et le grappin du porteur (cf. photos). Lorsque le conducteur décharge les produits sur la place de dépôt, il doit déclencher la pesée (bouton installé à l'intérieur de la cabine) pendant le mouvement de la grue entre les ranchers du porteur et le tas de bois. La seule exigence requise pendant la mesure est que le grappin rempli soit suspendu en l'air sans rien toucher, pour ne pas fausser la mesure. Le résultat de la pesée est transmis, par une technologie sans fil, à un boîtier situé dans la cabine du chauffeur.

Les pesées électroniques et la transmission sont très fiables sous réserve d'étalonnages et contrôles réguliers, et à condition que l'opérateur déclenche bien la pesée à chaque grappin. Le prix d'un peson se situe aujourd'hui en-dessous de 7 000 € H.T.



Le peson en vue rapprochée, entre la grue et le grappin

Tout instrument de mesure peut devenir défaillant ou présenter une dérive dans le temps. Une surveillance journalière avec des poids dit "étalons de terrain" est donc nécessaire avant le démarrage du travail pour vérifier que le peson fonctionne normalement. Il faut utiliser deux étalons représentant la gamme des masses à charger dans la journée : l'un dans le bas de la gamme, l'autre dans le haut (voir les exemples en photo). Ils permettent de vérifier, en les soulevant simplement pour les peser, si leur masse reste dans une variabilité acceptable (coefficient de variation < 1 % (OIML, 2006)).



Exemples d'étalon de terrain

A gauche, masse légère (plusieurs contrepoids de tracteur : 330 kg).

A droite, masse lourde (bloc de béton : 1 673 kg).

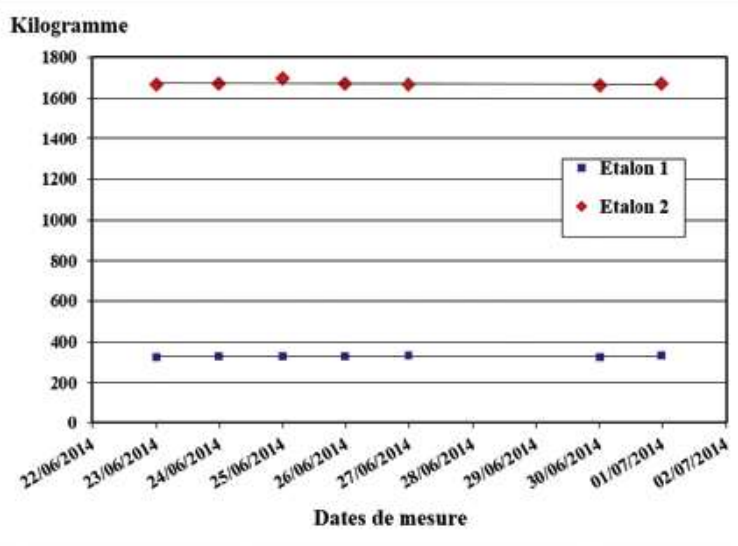
Ces vérifications par pesée quotidienne des mêmes étalons ne prennent que quelques minutes, mais sont indispensables pour garantir la qualité des mesures. Le suivi de ces pesées permet de calculer l'étendue des variations (coefficient de variation) et de visualiser graphiquement une éventuelle dérive. Une fois par an il peut aussi se révéler utile de faire vérifier le peson par un organisme indépendant et agréé, disposant de la certification COFRAC (Commission Française d'Accréditation) pour ce type de contrôle.

Protocole de suivi des étalons de terrain pour vérifier le bon fonctionnement du peson et déceler une éventuelle dérive :

- 1 - Se procurer deux étalons de terrain, l'un dans le bas de la gamme des masses à mesurer et l'autre dans le haut de cette gamme ; s'assurer que ces étalons terrain ne sont pas sujets à des variations de poids (selon le taux d'humidité par exemple) ;
- 2 – Peser chaque étalon de terrain avant le début du travail sur le chantier ; noter les poids dans un tableur ;
- 3 – Intégrer dans le même tableur toutes les nouvelles mesures ;
- 4 – Calculer la moyenne de toutes les mesures réalisées depuis le début et calculer le coefficient de variation (= % de l'écart-type comparé à la moyenne des mesures) ;
- 5 – Vérifier qu'à chaque nouvelle mesure valeur mesurées, le coefficient de variation est bien $< 1\%$;
- 6 – Si le coefficient de variation est $\geq 1\%$, faire vérifier le peson par le constructeur ou un organisme agréé ;
- 7 – Après chaque contrôle par un organisme agréé, ouvrir un nouveau tableau et recommencer la procédure (points 1 à 6) pour une nouvelle série de mesures et de calculs ;
- 8 – Si les dépassements du seuil de 1% du coefficient de variation sont fréquents, contacter le constructeur du peson pour révision complète, en transmettant les données de suivi (terrain et par l'organisme agréé).

n°	Date	Heure	Etalon 1 (Kg)	Etalon 2 (Kg)
1	23/06/2014	07:35	327	1668
2	24/06/2014	07:05	330	1672
3	25/06/2014	07:10	328	1698
4	26/06/2014	07:00	330	1673
5	27/06/2014	07:15	334	1667
6	30/06/2014	07:05	326	1663
7	01/07/2014	07:00	333	1673

	Etalon 1	Etalon 2
Moyenne des mesures au peson	329,7	1673,4
Ecart-type	2,98	11,44
Coefficient de variation	0,91%	0,68%
Minimum	326	1663
Maximum	334	1698
Différence entre poids maximal et minimal	8	35



Suivi des pesées de deux étalons de terrain avec le peson INTELWEIGH XW 70 BS de Intermercato