



# Performances de 3 types de pelles hydrauliques & évaluations ergonomiques en préparation de sol (PIF)



Colloque PIF, 25 septembre 2023



UNION EUROPÉENNE  
Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural  
L'Europe investit dans les zones rurales



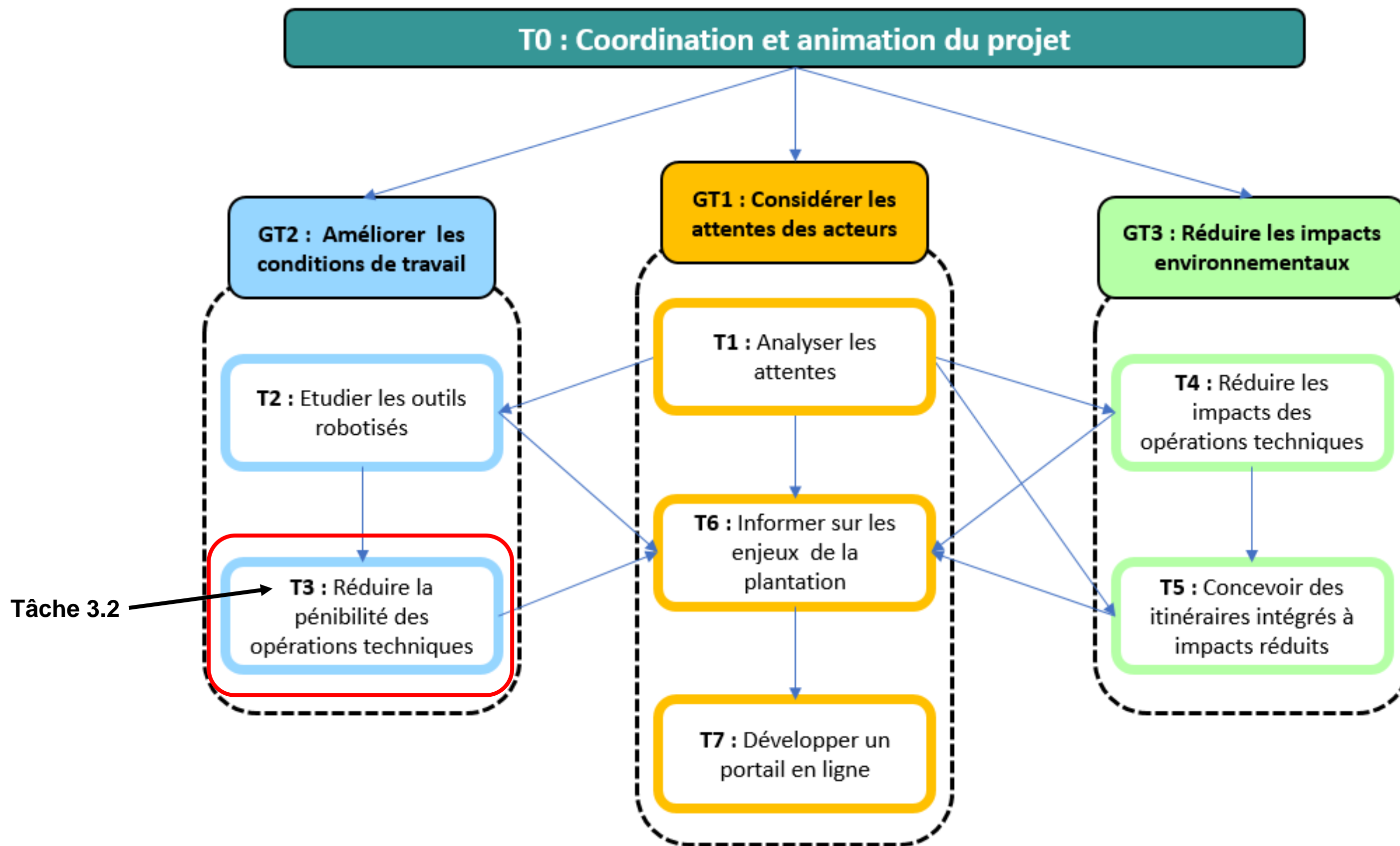
Philippe Ruch  
Xavier Montagny  
Clarine Lenormand, FCBA



Avec la précieuse collaboration des pilotes de pelles et conducteurs de travaux de l'Agence Travaux ONF Grand Est et des équipes du pôle RENFOR

| [fcba.fr](http://fcba.fr)

# Structuration du projet PIF et intégration de la tâche





## Contexte :

- Préparations de potets travaillés (ou « en ligne ») par minipelle + sous-soleur multifonction (type Becker) de plus en plus fréquentes
  - Contrôle de la végétation et travail du sol localisé = amélioration de la reprise et la croissance initiale des plants
  - Outils de petite taille = moins d'impacts au sol

## Deux évaluations :

- **Productivité et ergonomie (FCBA)**
- Qualité de la préparation du sol (INRAE / RENFOR)

## Protocole :

- **3 minipelles** : 2,7 tonnes, 5 tonnes, 9 tonnes
- **2 pilotes** de l'agence travaux ONF Grand Est
- **3 conditions d'humidité** du sol : humide, fraîche, sèche  
→ un chantier en **FD de Morimond (88)**

## Adaptation du dispositif expérimental :

- **7 modèles** différents de minipelles
- **4 outils** de travail du sol
- **3 pilotes**
- **2 conditions d'humidité** du sol : humide, sèche

		Saison		
		1	2	3
		avril-21	mars-22	juillet-22
		Humide	Humide	Sèche
		Type de pelle		
pilote 1	2,7T	1A	1A	1A
	5T	2B	4B	
	9T	3C	5C	7C
pilote 2	2,7T	1A		
	5T	2B		
	9T	3C		
pilote 3	2,7T		1A	1A
	5T		4B	6D
	9T		5C	7C

Tableau 1 : Les différentes configurations de l'expérimentation

Chaque numéro correspond à 1 modèle de pelle identifié (7 modèles différents) et chaque lettre correspond à un outil identifié (donc 4 outils différents)



Les 3 pelles hydrauliques vue de face/arrière lors de la saison 1

**Productivité, pilotes 1 et 3, pour 100 ml travaillés** (hors phases passage d'obstacles, retournement, alignement, divers productifs et incidents)

Catégorie de pelle	Pelle 2,7 T			Pelle 5 T			Pelle 9 T			Parcelle
	Doosan DX27Z			Yanmar Vi050	Yanmar Vi057	CAT 305	CAT 308 E2	CAT 308	CAT 308	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Saison	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Humidité	Humide	Humide	Sèche	Humide	Humide	Sèche	Humide	Humide	Sèche	
<b>Pilote 1</b>										
Nb lignes concernées	2	6	3	2	5			6	6	47
Longueur totale travaillée (ml)	81	324	240	86	433			498	473	
% de linéaires billonnés	100%	99%	100%	100%	99%			100%	100%	
Temps moyen par phase pour 100 ml										
Déplacement sur la ligne	8 min 37 s	6 min 42 s	9 min 03 s	9 min 50 s	5 min 22 s			5 min 36 s	7 min 09 s	
Décapage végétation et rémanents	8 min 37 s	1 min 49 s	17 min 38 s	7 min 34 s	1 min 27 s			0 min 54 s	15 min 09 s	
Nb de coups *	67	15	227	39	10			5	168	
Travail du sol	41 min 17 s	34 min 30 s	34 min 58 s	34 min 10 s	26 min 26 s			20 min 42 s	24 min 21 s	
Nb de coups	344	338	585	243	323			233	340	
<b>Temps moyen productif pour 100 ml</b>	<b>57 min 24 s</b>	<b>43 min 00 s</b>	<b>1 h 01 min 39 s</b>	<b>51 min 34 s</b>	<b>33 min 14 s</b>			<b>27 min 12 s</b>	<b>46 min 39 s</b>	
<b>Pilote 3</b>										
Nb lignes concernées		5	2		5	2		4	3	49
Longueur totale travaillée (ml)		276	128		460	215		358	353	
% de linéaires billonnés		99%	100%		98%	100%		100%	100%	
Temps moyen par phase pour 100 ml										
Déplacement sur la ligne		9 min 51 s	12 min 58 s		8 min 24 s	11 min 21 s		7 min 39 s	7 min 39 s	
Décapage végétation et rémanents		3 min 26 s	52 min 37 s		21 min 10 s	37 min 43 s		15 min 18 s	20 min 26 s	
Nb de coups *		15	679		300	613		182	356	
Travail du sol		51 min 19 s	56 min 20 s		30 min 18 s	35 min 14 s		31 min 24 s	23 min 20 s	
Nb de coups		460	718		429	663		479	499	
<b>Temps moyen productif pour 100 ml</b>		<b>1 h 04 min 36 s</b>	<b>2 h 01 min 55 s</b>		<b>59 min 52 s</b>	<b>1 h 24 min 19 s</b>		<b>54 min 20 s</b>	<b>51 min 25 s</b>	

Tableau 13 : Temps moyen productif pour les pilotes 1 et 3 par saison pour 100 ml travaillé

## Productivité, pilotes 1 et 3, pour 100 ml travaillés (hors phases passage d'obstacles, retournement, alignement, divers productifs et incidents)

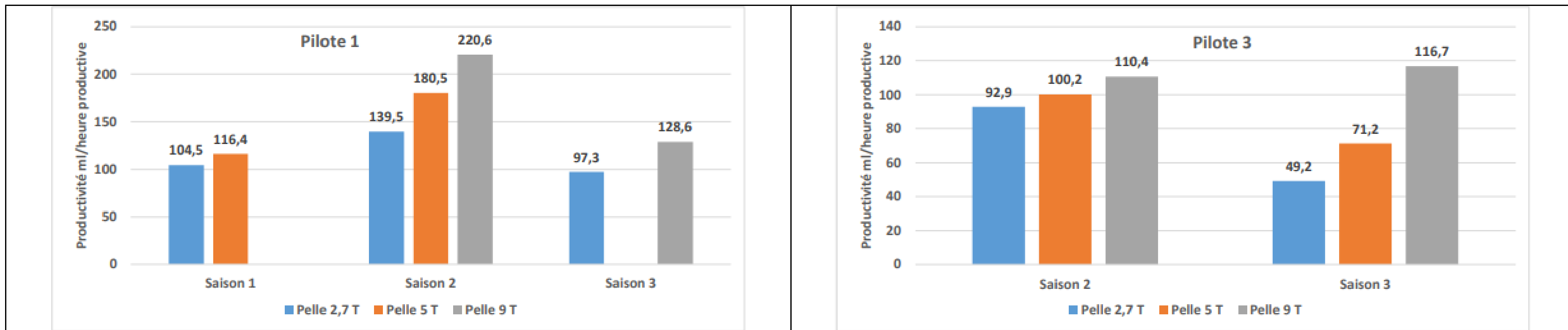


Figure 19 : Productivité en ml/heure productive hors passage d'obstacles, retournement, alignement, divers productifs et incidents

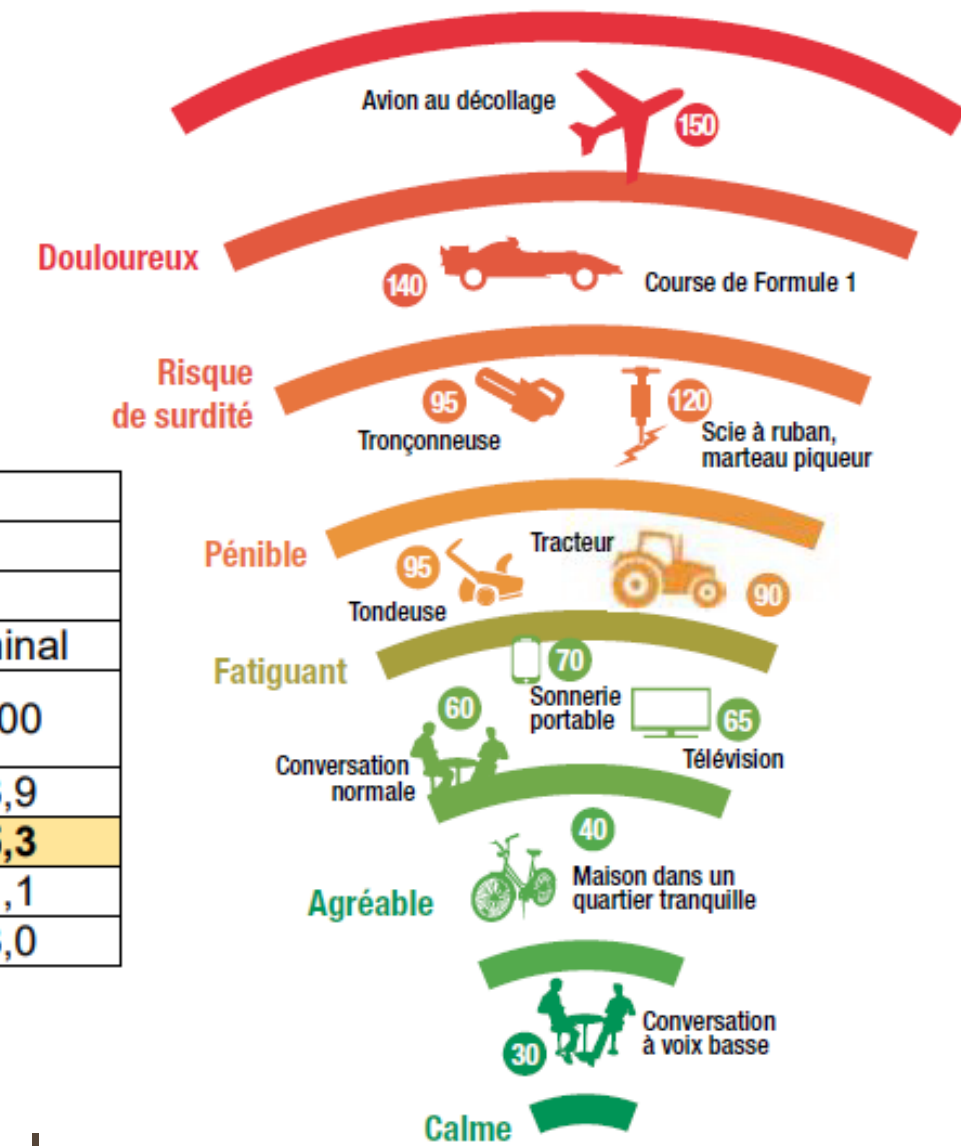
Les différences de productivité sont expliquées principalement par :

- le **type de pelle** : 9T > 5T > 2,7T ;
- le **nombre de coups de décapage lié à la végétation présente sur la parcelle**, qui est en rapport avec la saison et la préparation au préalable de la parcelle, mais également avec les caractéristiques de l'outil utilisé (taille du râteau et inclinaison de ce dernier) et de la pelle (portée du bras, force)

**Nous n'avons pas observé de différences de productivité liées aux humidités du sol lorsqu'on réalise le travail selon les consignes demandées.**

## Exposition au bruit du pilote

Niveau sonore mesuré à 7 m de la pelle, en forêt, au ralenti et au régime nominal



Porte outil		Pelle de 2,7T		Pelle de 5T				Pelle de 9T			
Modèle		Doosan DX27Z		Yanmar Vi050-6A	CAT 305 CR			CAT 308 E2 CR		CAT 308 CR	
Saison		1, 2, 3		1	3			1		3	
Régime		ralenti	nominal	ralenti	nominal	ralenti	nominal	ralenti	nominal	ralenti	nominal
Tours/minute		1180	2500	nm	nm ECO	nm	nm	nm	nm	1075	2000
L <sub>pAt</sub> (dB) à 7 m	<b>Droite</b>	<b>53,4</b>	<b>67,6</b>	<b>56,7</b>	<b>63,3</b>	55,1	<b>66,1</b>	<b>55,5</b>	<b>67,3</b>	53,8	63,9
	Arrière	52,5	63,5	53,3	59,9	<b>56,6</b>	64,7	55,4	65,4	<b>56,7</b>	<b>65,3</b>
	Gauche	53,2	62,3	55,8	61,1	53,9	62,6	54,2	62,1	54,0	61,1
	Avant	50,9	60,0	53,8	59,4	54,5	61,5	50,9	60,0	52,0	63,0

Tableau 16 : Niveaux sonores mesurés à 7 m de la pelle (en jaune les valeurs les plus élevées au régime nominal)

Pas de différence particulière au niveau sonore entre les 3 pelles, au régime nominal

Source : MSA

## Niveau sonore mesuré dans la cabine

- $L_{EX8h}$  : niveau d'exposition quotidienne au bruit, qui combine, durant une journée de travail, l'exposition sonore liée à chaque phase de travail. Il est ramené à une durée de référence de 8 heures.
- $L_{p,C,peak}$  : niveau de pression acoustique de crête qui correspond à un niveau de pression acoustique instantané maximum.

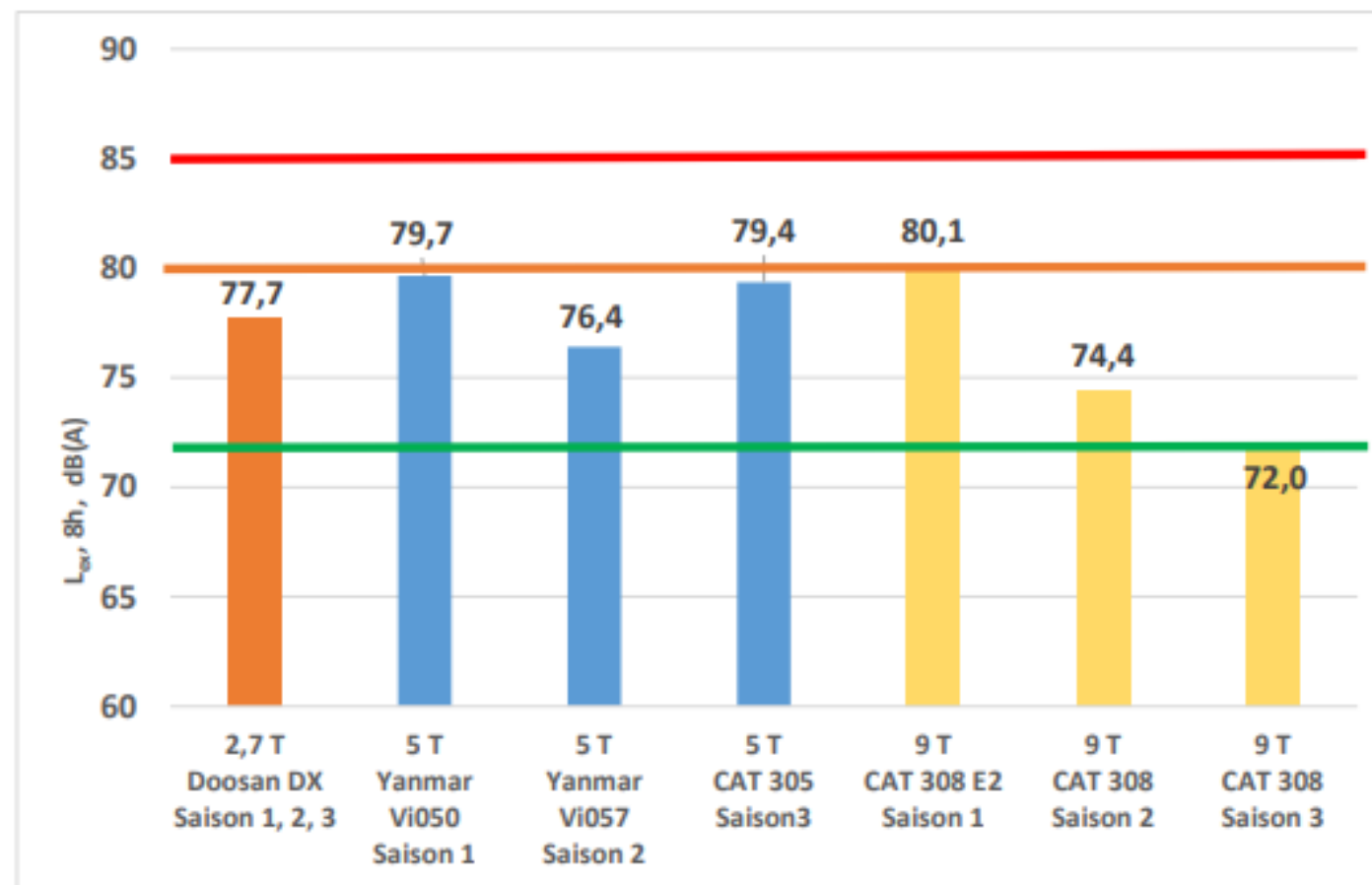


Figure 21 :  $L_{EX8h}$  moyen par pelle

(en rouge limite seuil d'action supérieur, en orange seuil d'action inférieur et en vert limite supérieur de la catégorie « bonne » du KWF)

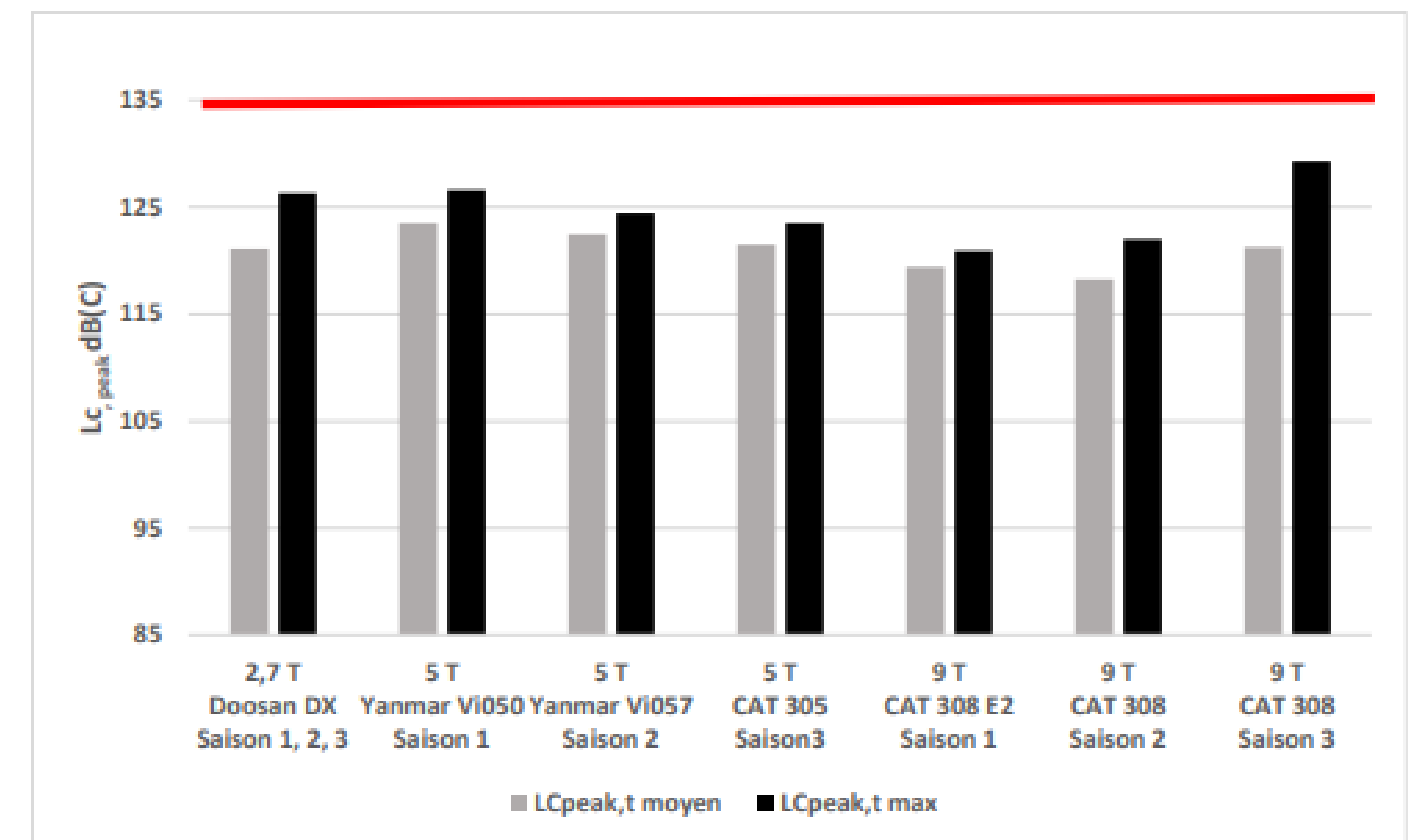


Figure 22 :  $L_{p,C,peak}$  dB(C) moyen sur l'ensemble des cycles et maximum enregistrés par pelle

La pelle de 9T avec climatisation et présentant le  $L_{pA}$  le plus bas est la machine la plus confortable d'un point de vue sonore, et ce d'autant plus qu'elle permet de travailler le pare brise fermé. Il n'a pas été mis en évidence de différences entre les pelles de 2,7T et les 5T.

Ceci est confirmé par le ressenti des pilotes, qui pare-brise ouvert, préfère la 9T



## Vibrations



Figure 23 : Dosimètre de vibrations corps entier installé sur l'assise du fauteuil

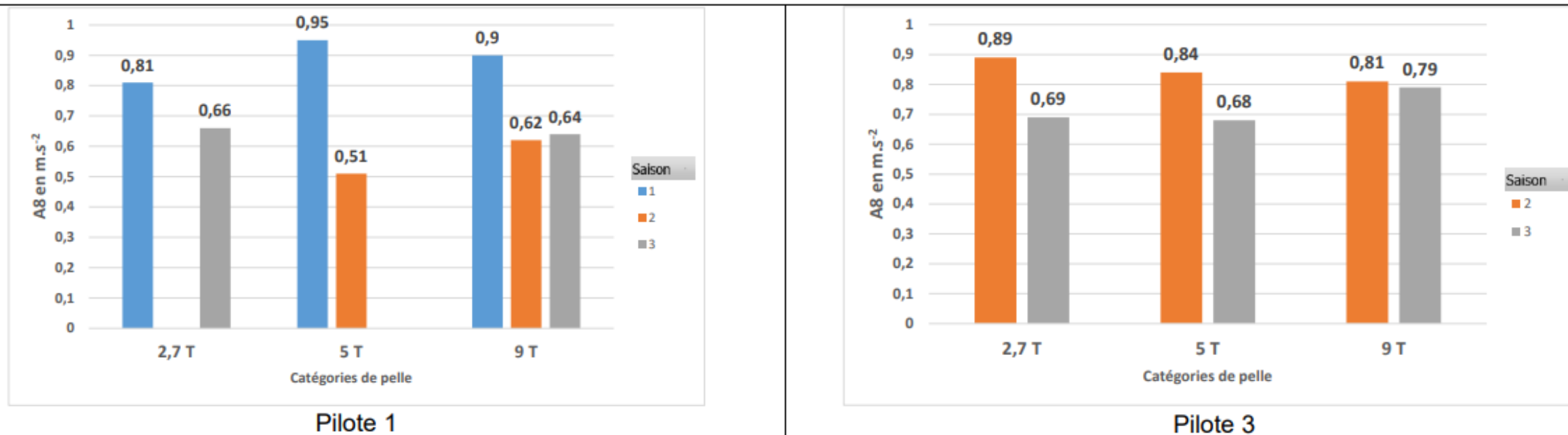


Figure 26 : Exposition journalière aux vibrations par pilote d'une saison à l'autre sur la même catégorie de pelle

### Valeurs seuils

Concernant les vibrations transmises à l'ensemble du corps, les articles R. 4443-1 et R. 4443-2 du Code du travail fixent 2 valeurs seuils d'exposition journalière (pour 8 heures de travail quotidiennes) :

- Une valeur d'exposition journalière déclenchant l'action, dite **valeur d'action** : 0,5 m/s<sup>2</sup>. Si cette valeur est dépassée, des mesures techniques et organisationnelles doivent être prises afin de réduire au minimum l'exposition.
- Une **valeur limite d'exposition journalière** : 1,15 m/s<sup>2</sup>. Cette valeur ne doit jamais être dépassée.

La valeur d'exposition journalière A(8) (exprimée en m/s<sup>2</sup>) d'un opérateur est à comparer à ces valeurs.

**La manière de conduire la pelle et de réaliser les travaux est le facteur primordial au regard de l'exposition journalière aux vibrations A(8). Une régulation naturelle a été opérée par les pilotes entre leur première et deuxième saison. Il n'y a pas d'effet, pour ces expérimentations, de taille de pelle, ni de saison, ni d'humidité du sol.**

Par contre, le ressenti des pilotes sur les secousses est différent, car il englobe le confort global ressenti au poste de travail (dos, bras...). Ils préfèrent unanimement le confort des 9T.

## Ergonomie du poste de travail (la cabine) et des opérations d'entretien

- **Visibilité** : les 9T sont celles qui offrent la meilleure visibilité de jour avec une appréciation très bonne due à son pare-brise beaucoup plus large. Si l'on considère la visibilité sur l'avant, qui est la plus importante, la 5T arrive en 2ème position alors que la 2,7T est notée « moyenne » par 2 pilotes.
- **Confort thermique** : seules les 9T étaient équipées de la climatisation en période chaude (saison 3). Il est indéniable qu'une pelle munie d'une climatisation permet de travailler plus confortablement.
- **Accessibilité** : dans l'ensemble les 3 pelles ont des bonnes à très bonnes évaluations sur les critères d'accessibilité
- **Espaces de travail et commandes** : les 9T sont les pelles les plus adaptées à l'usage au niveau des commandes et de l'espace de travail.
- **Confort et siège** :
  - Le confort de toutes les pelles est acceptable pour travailler plusieurs heures sur l'engin.
  - Sur la 2,7T et la 5T le confort est mitigé, car le manque de réglage fait que l'engin ne pourra pas être adapté/ne pourra pas s'ajuster à tous les opérateurs.
  - La pelle 9T est la seule pelle où les opérateurs s'imaginent travailler dessus durant plusieurs années.
- **Appréciations globales** : Les résultats de la 2,7T et de la 5T sont parfois très hétérogènes en fonction des critères d'évaluation ainsi que des usagers. La pelle de 9T est indéniablement plébiscitée par les 3 pilotes pour sa puissance, son confort global et la présence de la climatisation.

- **La technique de travail et l'outil employés ont un impact sur la productivité.**
- **Dans les contextes de l'expérimentation, il n'a pu être mis en évidence de différences de productivité entre les types d'humidité du sol.**
- **Travailler le pare-brise ouvert augmente considérablement les niveaux de pression acoustique et il faut prévoir le port de PICB (protections individuelles contre le bruit).** La pelle de 9T avec climatisation et présentant le LpA le plus bas, est la machine la plus confortable d'un point de vue sonore, et ce d'autant plus qu'elle permet de travailler le pare-brise fermé.
- **La manière de conduire la pelle et de réaliser les travaux est le facteur primordial au regard de l'exposition journalière aux vibrations A(8) mesurée au niveau de l'assise du siège.** Les relevés réalisés n'ont pas mis en évidence d'effet taille de pelle, ni de saison, ni d'humidité du sol.
- Deux éléments dominant parmi les retours des pilotes concernant l'ergonomie du poste de travail : **la présence de la climatisation et le confort du siège.**
- **C'est la pelle la plus puissante et la plus équipée (la 9T) qui obtient les meilleures performances de productivité et d'appréciations des pilotes.**



**FCBA**

INSTITUT  
TECHNOLOGIQUE

# Merci de votre attention

| [fcba.fr](https://www.fcba.fr)