



HAL
open science

PERFBET -Développement de connaissances sur les consommations d'énergies et les utilisations des machines agricoles -Application à l'amélioration de la production des chantiers de récolte

Suzanne Blocaille, Nicolas Tricot, Stéphanie Lacour, Claude Voyez, Pierre Guiscafré

► To cite this version:

Suzanne Blocaille, Nicolas Tricot, Stéphanie Lacour, Claude Voyez, Pierre Guiscafré. PERFBET -Développement de connaissances sur les consommations d'énergies et les utilisations des machines agricoles -Application à l'amélioration de la production des chantiers de récolte. *Innovations Agronomiques*, 2016, 49, pp.99-109. 10.15454/1.4622767073090938E12 . hal-04662090

HAL Id: hal-04662090

<https://hal.inrae.fr/hal-04662090>

Submitted on 25 Jul 2024

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

PERFBET – Développement de connaissances sur les consommations d'énergies et les utilisations des machines agricoles – Application à l'amélioration de la production des chantiers de récolte

Blocaille S.¹, Tricot N.², Lacour S.², Voyez C.³, Guiscafré P.⁴

¹ Institut technique de la betterave -ITB, 45 rue de Naples, 75008 Paris

² Irstea, Parc de Tourvoie - BP44, 92163 Antony cedex

³ Entrepreneurs des territoires-EDT Nord pas de Calais- Picardie, 44 rue Alésia, 75682 Paris Cedex 14

⁴ FNCUMA, 43, rue Sedaine, 75011 Paris

Correspondance : blocaille@itbfr.org

Résumé

L'Institut technique de la betterave (ITB) et ses partenaires spécialisés dans les agro-équipements Irstea, FNCUMA et Fédération nationale des entrepreneurs des territoires (FNEDT), au cours d'un projet CASDAR terminé fin 2014, ont mutualisé leurs connaissances et développé un dispositif expérimental original ainsi que des enquêtes pour mettre au point un outil d'aide à la décision : Perfbet. L'objectif de cet outil est d'orienter les propriétaires de machines de récolte de betteraves dans leur choix pour améliorer leurs performances de récolte. Les expérimentations mises en place au cours de ce projet ont permis de suivre cinq machines de récolte, chacune pendant toute une saison permettant d'alimenter une base de données de vitesse, de positionnements géographiques, de régime moteur, de consommation... L'analyse de toutes ces données a permis d'établir les facteurs impactant les indicateurs de performance (consommation de carburant à l'hectare et temps de travail à l'hectare) comme les conditions de récolte, le chauffeur, le type de chantier et la forme de la parcelle. Des enquêtes auprès des constructeurs de matériels de récolte de betteraves, de CUMA et d'entreprises de travaux agricoles ont permis d'obtenir des données techniques et économiques précises des machines et de leurs utilisations. Toutes ces données ont servi de base pour créer un nouvel outil web proposé par l'ITB sur son site Internet : Perfbet.

Mots-clés : Performances des machines agricoles de récolte de betteraves, Optimisation de la consommation, Style de conduite, outil d'aide à la décision

Abstract: PerfBet : Improve performance and uses of harvest machinery

The ITB and its partners specialized in agro-equipment Irstea FNCUMA and FNEDT, during a CASDAR project completed late 2014, pooled their knowledge and set original and experimental investigations to develop a web based tool: Perfbet. The purpose of this tool was to guide beet harvesting machine owners in their choice to improve their harvesting performance. The experiments set up during this project made it possible to follow five harvesting machines, each for an entire season to build a database of speed, geographic positioning, engine speed, fuel consumption ... The analysis of these data allowed to list the factors impacting performance indicators (fuel consumption per hectare and working time per hectare) as harvest conditions, driver, type of construction and field geography. Surveys of the beet harvesting equipment builders, CUMA and agricultural contractors gave us specific technical and economic data of the machines and their uses. All these data have been used for creating a new web tool offered by ITB on its website: Perfbet.

Keywords: Performance of agricultural machinery beet harvest, optimization of consumption, driving style, web based tool

Introduction

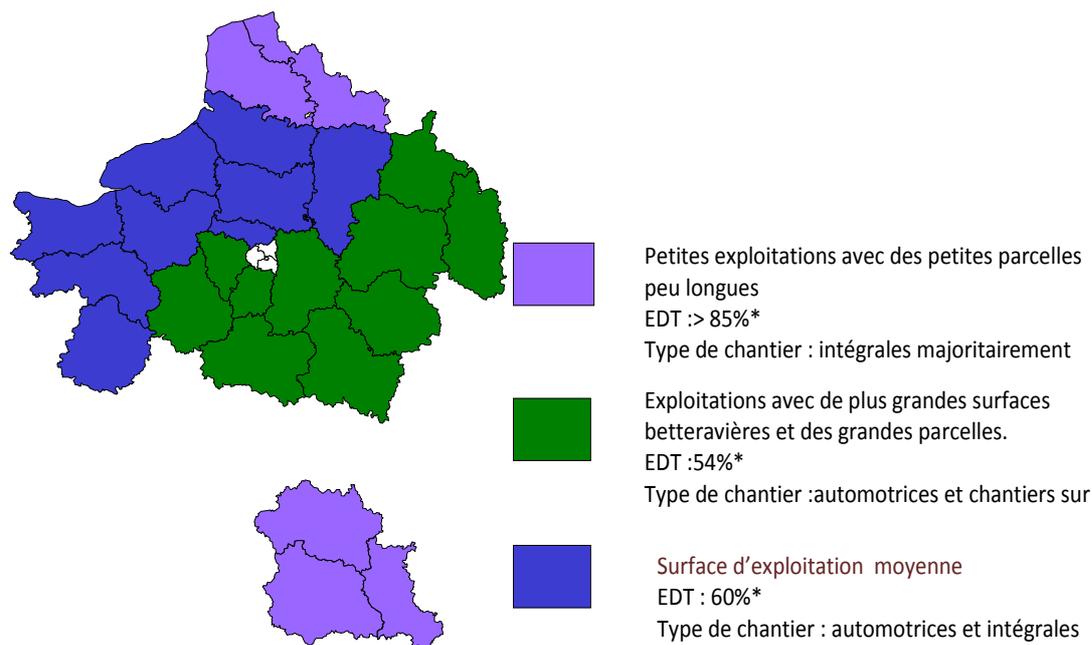
La betterave sucrière est une plante cultivée pour sa racine utilisée pour la production de sucre. La France en est le premier producteur mondial. Sa récolte se déroule de début septembre à début décembre. Les opérations distinctes de la phase de récolte sont l'effeuillage/décolletage, l'arrachage et le ramassage/nettoyage. Ces différentes phases peuvent être réalisées par différents types de machines. En France, la récolte est réalisée à 10% par des chantiers sur tracteurs, à 40% par des intégrales et à 50% par des automotrices. 390 000 ha de betteraves sont récoltés chaque année par (i) des machines appartenant aux planteurs ou des copropriétés (environ 25% des surfaces), (ii) des CUMA (environ 15% des surfaces), (iii) des entrepreneurs (environ 60 % des surfaces). On estime à environ 1400 le nombre de machines de récolte de betterave présentes en France et un renouvellement de 100 machines tous les ans. Les ingénieurs-conseils de l'ITB recensent de nombreux questionnements des futurs acheteurs de matériels de récolte leur demandant des conseils quant au type de machines de récolte de betteraves à acquérir. Afin d'y répondre, des études ont été réalisées par l'ITB sur les paramètres influant sur la qualité de la récolte (tare terre, choix des parcelles, choix de la variété, préparation du sol, irrigation, réglages de la machine, ...) (ITB 2006, ITB 2007a). Ces études ponctuelles permettent d'orienter les conseils sur la façon de réaliser la récolte mais les informations manquent pour conseiller sur l'investissement dans un parc matériel. Pour les machines agricoles en général et les récolteuses des betteraves en particulier, on s'interroge souvent sur l'intérêt économique et environnemental des machines hyperspécialisées et très puissantes. C'est pourquoi l'ITB et ses partenaires spécialisés dans les agroéquipements Irstea, FNCUMA et FNEDT, ont mutualisé leurs connaissances et leur travail au cours du projet Perfbet. Ce projet s'est articulé autour de quatre volets dont les objectifs étaient :

- 1- Création d'une typologie des chantiers de récolte de betteraves au travers d'enquêtes.
- 2- Mise au point d'un dispositif expérimental complet pour acquérir des données machines-chauffeurs-betteraves sur toute une période de récolte.
- 3- Création d'indicateurs de performance à partir de l'analyse de toutes ces données ainsi que leurs facteurs d'impact.
- 4- Développement d'un outil d'aide au choix d'un chantier de récolte de betteraves et de son organisation disponible sur le web.

1. Typologie des chantiers de récolte de betteraves

Afin d'établir la typologie des chantiers de récolte de betteraves en France, des enquêtes ont été réalisées. Ces enquêtes auprès des constructeurs de matériels de récolte de betteraves, de CUMA et d'entreprises de travaux agricoles et d'agriculteur ont permis d'obtenir des données techniques et économiques précises des machines et de leurs utilisations par les chauffeurs. Cette enquête a été envoyée à 150 entreprises du Nord, Pas-de-Calais et Picardie et à 90 CUMA réparties sur l'ensemble des départements betteraviers et complétée par l'enquête SITE de l'ITB (enquête réalisée par l'ITB auprès de 500 agriculteurs chaque année). Le type de propriété de la machine de récolte est fortement corrélé au parcellaire (Figure 1). Ainsi, les exploitations avec de petites parcelles ont davantage recours aux EDT équipées d'intégrales comme le Nord-Pas-de-Calais et la Limagne. Les grandes exploitations comme dans le Sud du Bassin Parisien ou la Champagne sont plutôt équipées avec des automotrices ou des chantiers décomposés en propriété individuelle, copropriétés ou CUMA.

Figure 1 : Typologie des chantiers de récolte de betteraves



* = % de surface récoltées

Les résultats permettent de définir le profil moyen du chauffeur de machine de récolte de betteraves. Ce chauffeur est assez âgé (42,6 ans), il possède près de 20 ans d'expérience dans la récolte de betteraves et près de 10 ans d'expérience dans l'utilisation des machines de récolte de betteraves. En termes de formation à l'utilisation des machines, une majorité des chauffeurs (55%) ont reçu une formation du constructeur de la machine. 53% des chauffeurs d'EDT ont été formés à l'utilisation des automatismes par le constructeur. Ce chiffre est de 54% pour les chauffeurs de CUMA. 46% des chauffeurs de CUMA n'ont pas reçu de formation à l'utilisation des automatismes présents sur leur machine. Ce chiffre est comparable aux 40% des chauffeurs de tracteur en CUMA n'ayant pas reçu de formation spécifique à l'utilisation des automatismes sur tracteur (FNCUMA, 2011).

L'analyse des automatismes présents sur les machines utilisées par les chauffeurs montre que les intégrales sont mieux équipées que les automotrices. Ces équipements sont en majorité soit systématiquement soit très souvent utilisés (72%). Ils sont majoritairement perçus comme fiables, ni gênant ni dangereux et apportant aux chauffeurs confort et sécurité. Les chauffeurs ont majoritairement confiance dans leur fonctionnement et en sont globalement satisfaits. Les possibilités de réglage leur semblent pertinentes, adaptées à leur pratique et leur conviennent. Par contre, seuls 17% des chauffeurs considèrent les automatismes comme tout à fait adaptés à leur pratique (58% comme suffisamment adaptés). De plus, 45% des chauffeurs restent moyennement satisfaits des automatismes présents sur leur machine.

2. Dispositif expérimental mis en place

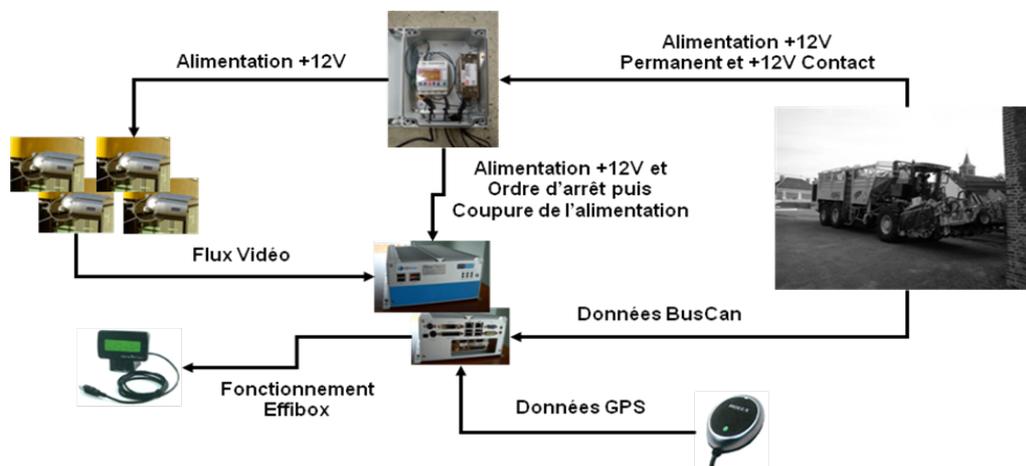
L'objectif de cette phase était d'améliorer l'évaluation des performances de matériels plus ou moins automatisés grâce à l'acquisition sur le terrain de données haute fréquence pour la partie machine et des moyens d'observations vidéo des opérations. Plusieurs récolteuses, automatisées à des degrés divers ont été ainsi instrumentées afin de déterminer l'efficacité de la relation entre le conducteur et la machine. De tels travaux ont déjà été réalisés dans d'autres domaines que le domaine agricole, notamment dans celui de l'automobile (Tricot et Popieul, 2007). Le suivi d'une période de récolte

complète vise également à produire des données dans des conditions diversifiées, et notamment en conditions difficiles.

2.1 Dispositif expérimental

L'originalité de ce projet est la prise en compte de nouveaux indicateurs pour le choix de futures machines. Les données nécessaires à la définition de ces indicateurs transitent, pour certaines, sur des réseaux CAN (Controller Area Network) dont le contenu est spécifique à chaque machine. En complément de l'enregistrement des données transitant sur les réseaux CAN, il a été nécessaire d'équiper les cabines des machines de moyens d'observation des actions des conducteurs d'engins (caméras) et de géolocalisation des machines à l'aide d'un GPS. Pour récupérer les données CAN du GPS et des caméras, il a été utilisé une centrale d'acquisition appelée « effibox » permettant de centraliser de façon automatisée toutes les données enregistrées dès que la machine est en fonctionnement (Figure 2).

Figure 2 : Instrumentation des machines participant à l'expérimentation



Ces dispositifs, équipant les machines pendant toute la saison de récolte, permettent de récupérer des données sur le fonctionnement de la machine (données moteurs et réglages), l'utilisation de la machine par le chauffeur et son comportement (caméra) et la géolocalisation de la machine (vitesse et déplacement obtenus grâce au GPS). A ces données machines, s'ajoutent des données concernant l'impact de la récolte sur les betteraves avec des notations au silo de la qualité de travail de la machine et la récupération des données de sucreries. La qualité de la récolte se caractérise par la qualité de l'effeuillage, les pertes par casse et la tare terre. Des données environnementales de conditions de récolte ont aussi été compilées prenant en compte des données météorologiques et des données relatives aux types de sol.

2.2 Campagne d'expérimentation 2011-2012

En 2011, quatre machines ont été identifiées et équipées sur la base du dispositif expérimental. Suffisamment récentes afin que celles-ci soient équipées d'un BusCAN, ces machines représentaient différents types de chantiers, différentes régions betteravières et différents types d'entreprises. En 2012, trois machines ont été équipées. Sur ces deux années, suite à des problèmes matériels ou des problèmes de décodage du CAN, ce sont les données de quatre machines qui ont pu être utilisées :

- ✓ une automotrice Moreau de 2010 appartenant à une CUMA du Loiret, année 2011 et 2012,
- ✓ une intégrale Vervaet d'une EDT située dans le Puy de Dôme, année 2011,
- ✓ une intégrale Holmer de 2015 appartenant à une EDT dans l'Oise année 2012,
- ✓ un chantier décomposé Franquet appartenant à un planteur en Champagne, année 2010.

Plus de 10Teraoctets de données ont été enregistrées représentant près de 3000 heures de récolte de betteraves.

3. Création d'indicateurs de performances et identification de leurs facteurs d'impacts

3.1 Création indicateur de performance

Un modèle logique de données a été créé afin de structurer et lier l'ensemble des données expérimentales. Une unité d'analyse a été choisie : le chantier. Elle correspond à la juxtaposition des quatre paramètres : une machine, un chauffeur, une parcelle et un jour donné. Une analyse fine des données demande de dissocier les différentes phases d'utilisation des machines (transport, récolte, manœuvre, vidange, ... et de traiter ces données phase par phase. Il convient donc de spatialiser ces données par la construction de traces cartographiques basées sur l'analyse des données GPS. Les données GPS ont été travaillées à l'aide d'un logiciel SIG pour repérer les différentes parcelles et les différents trajets et les intégrer dans une base de données géographiques (Figure 3). La constitution de cette base a permis ensuite de calculer des surfaces (parcelles, fourrière), les déplacements (silo, sur route) et de connaître le type de sol.

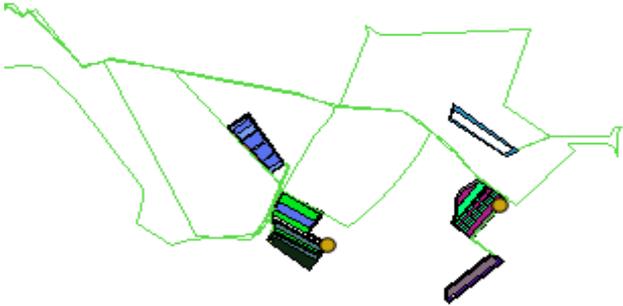
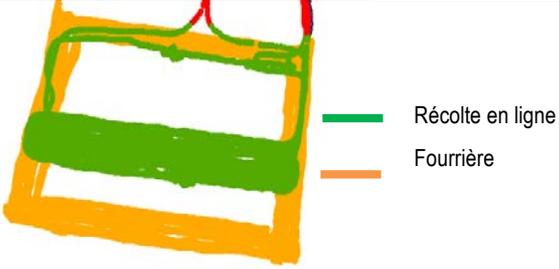
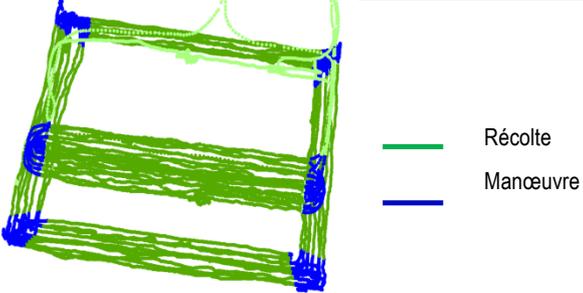
Les analyses ont été réalisées soit en prenant les variables pour tout le chantier, pour la parcelle complète, ou pour certaines phases ou tâches. La construction des indicateurs de performance, inspiré des travaux réalisés sur les tracteurs (Gil-Sierra et al., 2007; Lacour et al., 2008) a été adaptée aux conditions de charges rencontrées sur les machines de récoltes de betteraves. De toutes les variables disponibles sur la base de données, uniquement un nombre restreint a été utilisé. Ci-dessous sont listées les variables utilisées et leur mode d'utilisation :

- Vitesse en km/h (utilisée sous forme de moyenne et écart-type)
- Consommation horaire en l/h (utilisée sous forme de moyenne et écart-type)
- Consommation surfacique en l/ha (utilisée sous forme de moyenne)
- Couple moteur en % (utilisé sous forme de moyenne et écart-type)
- Régime moteur en Tours/min (utilisé sous forme de moyenne et écart-type)
- Durée des activités et du chantier en s (utilisées en brut ou en calculant des rapports de temps passé)
- Performance de chantier en ha/h (récolte ou non, nette et brute – utilisées en brut)
- Temps de travail effectif (récolte ou non – utilisés en brut)
- Surface de la zone de récolte, du chantier, de la fourrière ou de la partie hors fourrière, de la parcelle en ha (utilisées en brut ou en rapport de l'une par rapport à l'autre)
- Conditions de récolte via la réserve utile du sol (utilisée en % de réserve utile en quantitatif ou traduite en qualitatif selon trois types de conditions de récolte)
- Opérateur ou chauffeur (utilisé en qualitatif en attribuant un numéro à chaque chauffeur)
- Longueur et largeur de travail pour la parcelle ou le chantier (utilisées en brut)
- Nombre de manœuvres sur le chantier au total ou par hectare (utilisées en brut)
- Nombre de tours de fourrière de la parcelle (utilisé en brut)

A partir de ces données, différentes analyses ont été réalisées : histogrammes de classes, régressions linéaires, analyses multi variées : ACP et tableau de corrélations. Les outils qui ont permis ces analyses sont très classiques : MatLab (R2009a et R2008a) pour le calcul des moyennes, écarts-types, temps de travaux, les histogrammes et les cartes factorielles avec ellipses, Statlab (V3.0) pour les analyses en

composantes principales et les tableaux de corrélation, Quantum GIS (V 1.8.0) pour la vérification graphique des résultats et la cartographie, PgAdmin III pour la sélection des données brutes ainsi que la suite office.

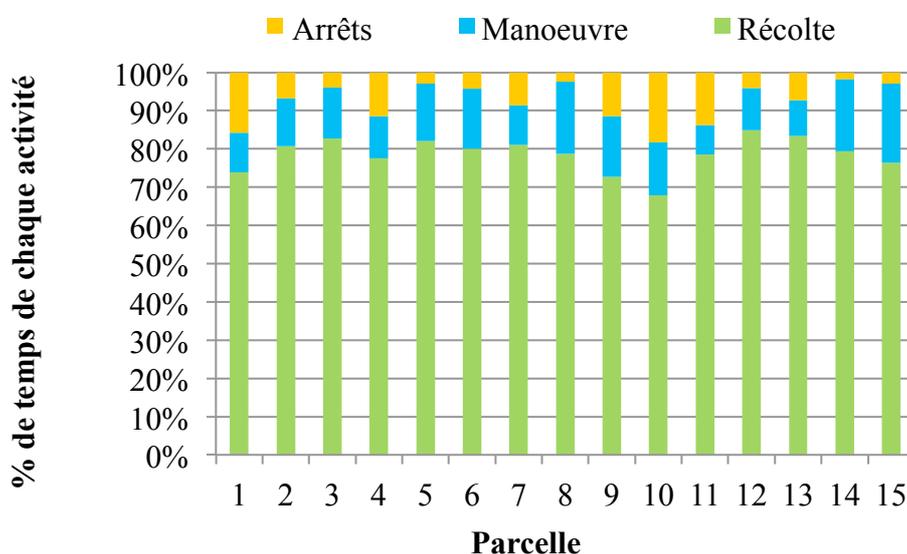
Figure 3 : Processus d'intégration des données issues des expérimentations

<p>Délimitation des parcelles récoltées</p> <p>La localisation des parcelles permet de faire la différenciation entre les parties de récolte et les parties de transport.</p> <p>Après recoupement avec une carte de type de sol, elle permet de connaître le type de sol des parcelles récoltées.</p>	
<p>Définition des chantiers:</p> <p>Avec les données parcelles, de temps et de chauffeur sont définis les chantiers : c'est une parcelle ou un bout de parcelle (si la parcelle est récoltée en plusieurs fois) récoltée un jour donné par un même chauffeur. Pour chacun des chantiers, sont agrégées les données de temps, de vitesse, de consommation, de couple et de RPM.</p>	
<p>Définition des phases</p> <p>Après l'identification de l'heure de fin de fourrière, on peut séparer et compiler des données uniquement pour la fourrière ou la récolte en ligne.</p>	
<p>Définition des tâches</p> <p>Différentes tâches (récolte, manœuvre, arrêt machine, stop machine) ont pu être identifiées de façon automatique grâce aux données moteur ou aux réglages enregistrés (exemple : montée descente effeuilleuse).</p>	

3.1.1 Analyse des tâches et des phases

Pour les données représentant les parcelles travaillées par l'automotrice, on observe que la récolte correspond à environ la moitié du temps total passé dans la parcelle (si l'on prend en compte les périodes d'inactivité) alors que les phases de transport correspondent à moins de 10% du temps de travail de chaque chantier. Si l'on étudie uniquement le travail effectif dans la parcelle (récolte, manœuvre et arrêts ponctuels de la machine, Figure 4), la récolte représente plus de 70% du temps passé, les manœuvres moins de 20% du temps et les arrêts moins de 10% du temps. Il y a donc peu de pertes de temps lors du travail dans la parcelle et un temps de récolte effectif important. Par chantier, le temps passé en manœuvres est toujours inférieur à 30% du temps total de travail tandis que le temps passé en récolte est toujours supérieur à 55% du temps total de travail. Quelles que soient la forme du chantier et la longueur des lignes de récolte, les manœuvres sont effectuées sur une même plage de temps tandis que la durée de chaque ligne de récolte est corrélée à la longueur de celle-ci.

Figure 4 : Représentation du % de temps passé à chaque activité par parcelle – Moreau 2011



Pour les données représentant les chantiers travaillés par la Moreau en 2011 et 2012, il a été possible de différencier les travaux en phase de fourrière des travaux de récolte en ligne. Aucune différence pour la tâche récolte n'a pu être trouvée. Les manœuvres se font à une vitesse plus importante en fin de ligne de récolte qu'au niveau des tours de fourrière.

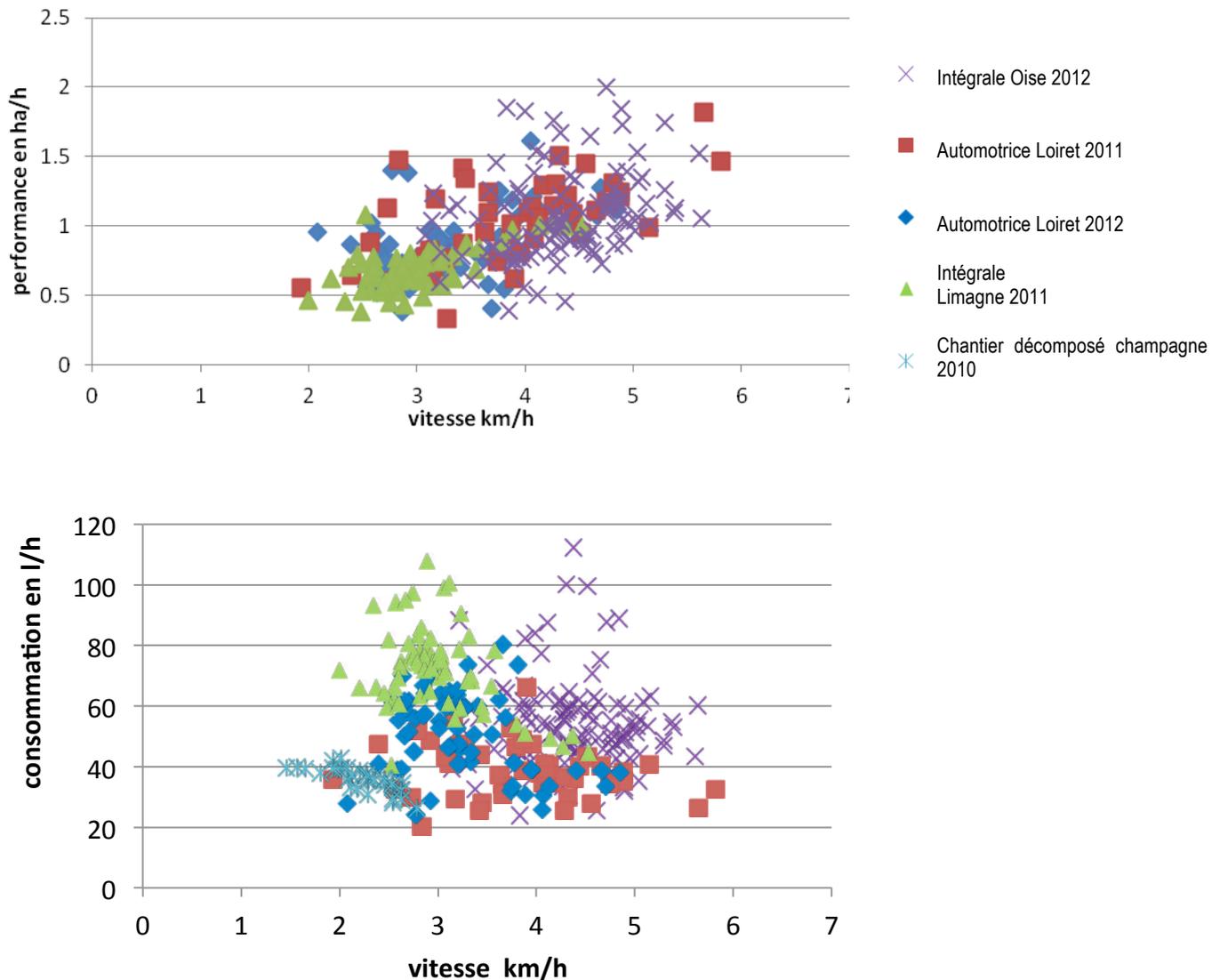
3.1.2 Résultats des analyses à l'échelle du chantier

La performance de chantier augmente avec la vitesse de celui-ci. Mais de grandes disparités existent et pour une même vitesse la performance peut aller du simple au double (Figure 5). Pour toutes les machines, la consommation horaire augmente quand la vitesse augmente sans qu'il y ait de relation linéaire visible entre ces deux variables. Pour la consommation surfacique, il n'y a pas de relation claire avec la vitesse ; d'autres facteurs rentrent en compte comme les conditions de récolte et les déplacements aux silos à charge comme pour l'intégrale en Limagne (Figure 5).

Grâce aux analyses multivariées, il a été possible d'observer des corrélations. Ainsi, le régime moteur, la consommation horaire et le couple moteur sont toujours corrélés et sont soit anti-corrélés soit décorrélés de leurs écarts-types. La performance de chantier et la vitesse sont corrélées. La surface de chantier et la durée des chantiers sont corrélées et assez indépendantes des valeurs de comportement

du moteur (consommation horaire, régime moteur, couple moteur). Globalement, la consommation surfacique est plus basse si la performance de chantier et la vitesse sont plus élevées, mais ce n'est qu'une tendance. Grâce à une analyse sans les valeurs moyennes de régime moteur, de consommation horaire et de couple moteur, il a été possible d'observer qu'une performance de travail élevée ne pouvait pas correspondre à des chantiers pour lesquels les écarts-types des variables citées juste avant étaient importants.

Figure 5 : Evolution de la performance et de la consommation de récolte en fonction de la vitesse



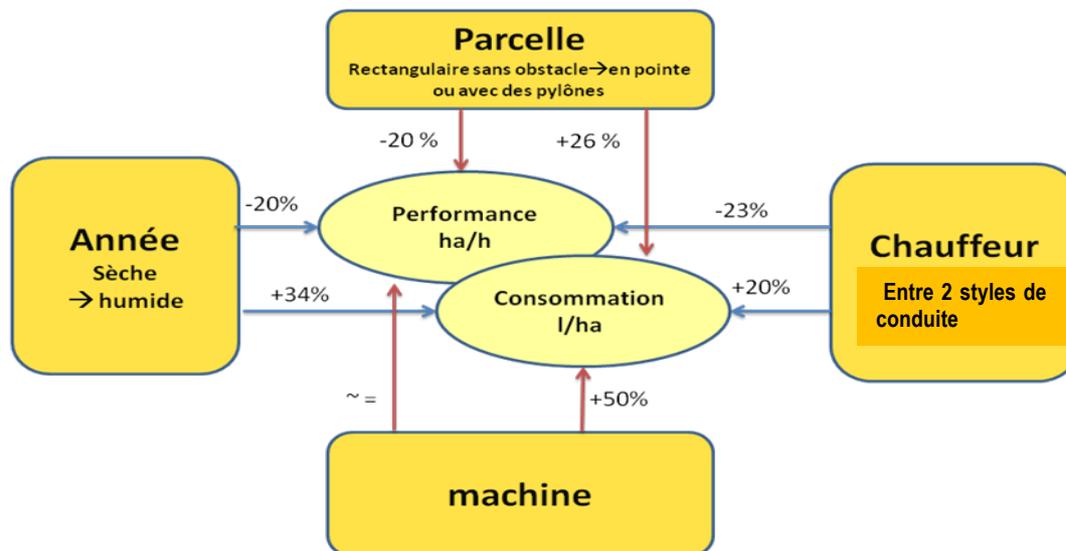
3.2 Facteurs d'impact de la performance

L'analyse plus fine des indicateurs de performance (en ha/h et en l/h) indique que l'effet d'une année avec des conditions de récolte difficiles est déterminant tant au niveau de la consommation que de la performance mais d'autres facteurs peuvent avoir le même niveau de conséquences comme des facteurs parcelles ou même chauffeur (Figure 6). Les conditions de récolte faciles permettent des vitesses de récolte et des performances de chantier plus élevées que des conditions de récolte difficiles (moins 20% de performance). Aussi, la durée de récolte est plus importante pour des conditions de récolte difficiles que pour des conditions de récolte faciles. La consommation horaire quant à elle varie très peu avec les conditions de récolte. Mais les consommations surfaciques sont très distinctes :

l'automotrice du Loiret consomme de 30 à 40 l/ha en conditions faciles et de 50 à 60l/ha en conditions difficiles. L'effet des conditions de récolte sur la performance des machines de récolte de betterave n'est donc pas négligeable. L'impact de la forme de la parcelle sur la performance des chantiers de récolte a aussi été étudié. Un indice de complexité pour chaque parcelle a été créé prenant en compte le nombre de manœuvres à réaliser à l'ha. Cet indice de complexité de chaque chantier a montré que la forme du chantier et le nombre de manœuvres nécessaires n'ont pas de forts impacts sur la performance du chantier. Néanmoins, dans certaines situations bien particulières (parcelles avec de nombreux pylônes, parcelles en pointe), la performance de récolte se voit diminuer de 20% en ha/h et une augmentation de la consommation de 25% en l/ha.

Sur l'une des machines suivies, il a été possible de différencier les deux chauffeurs par leur style de conduite. Le chauffeur 1 (plus expérimenté) a des performances de chantiers et des vitesses plus élevées tandis que le chauffeur 2 présente des durées de chantiers plus importantes. La différenciation des conduites se fait au niveau de la vitesse et du couple moyen à la récolte, de la fréquence des arrêts machines en récolte et en manœuvre et la fréquence d'arrêts des outils en récolte. Cette différence de conduite a des conséquences sur la performance (moins 23%) et de la consommation (plus 20%).

Figure 6 : Facteurs d'impacts des performances de récolte



4. Développement d'un outil d'aide à la décision

Les enquêtes et les expérimentations décrites dans les parties précédentes ont été menées dans le but d'élaborer un outil d'aide au choix d'un chantier de récolte et de son organisation. Cet outil a été construit autour de trois modules :

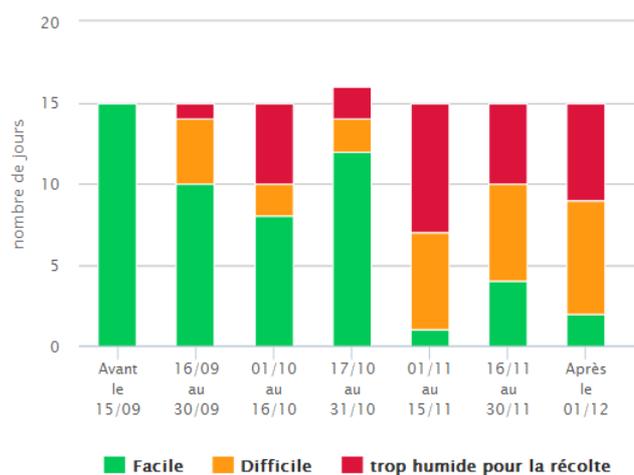
- ✓ Le module « Choix d'une machine » recense les caractéristiques techniques des différentes machines de récolte disponibles sur le marché. Il peut être utilisé si l'on veut connaître les caractéristiques des machines et les comparer entre elles. Il permet ainsi d'orienter l'acheteur dans son choix de machine. Les données de ce module sont tirées des enquêtes constructeurs et de la brochure des réglages de machines de récolte éditée par l'ITB (ITB, 2007b)
- ✓ Le module « Calcul des coûts de chantier » estime le coût d'un chantier de récolte en fonction du plan de charge et de données fixes ou variables relatives au chantier, tel que le prix de la machine, l'amortissement, le taux d'intérêts, les frais d'assurance, de réparation, la consommation de carburant... Ce module, construit avec les données du projet Perfbet reprend aussi des données fournies par la FNCUMA et la FNEDT. Il peut être utilisé si l'on veut connaître l'évolution du coût d'une machine suivant différents plans de charge, durées

d'amortissement, nombre de bennes ou main d'œuvre et pour comparer le coût de différentes machines entre elles.

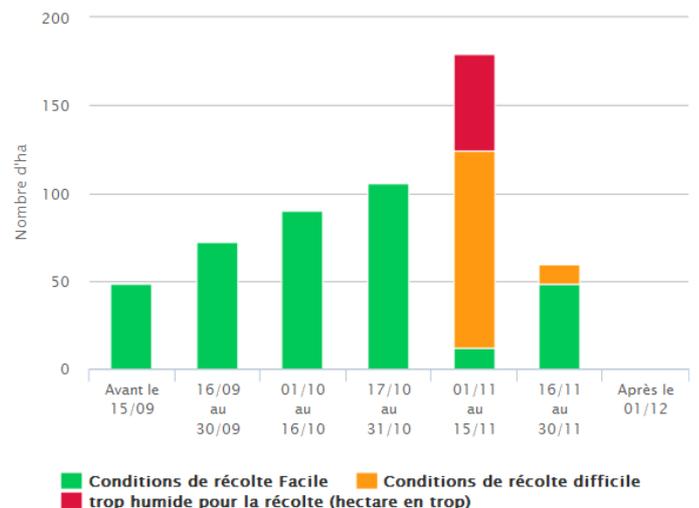
- ✓ Le module « Faisabilité du plan de charge » indique comment optimiser son plan de charge en fonction du type de chantier de récolte, des risques climatiques de la région, du type de sol et évalue les répercussions en termes économique et environnemental. Il peut être utilisé si l'on veut connaître les périodes où l'on peut en moyenne récolter dans de bonnes conditions dans un contexte pédoclimatique et en fonction d'un plan de charge donné. Sont aussi évalués les risques pris avec un plan de charge en termes d'augmentation de temps de travail, de consommation et de tare terre (simulation sur la base des résultats des expérimentations Perfbet). Ces paramètres étant très variables suivant les conditions de récolte de l'année, une simulation sur les dix dernières années climatiques est réalisée pour évaluer le risque à prendre en compte.

Figure 7 : Sortie du module 3 de l'OAD PERFBET en fonction d'un contexte pédoclimatique donné (dans cet exemple Lille, sol sablo-limoneux) et une plan de charge donné (ici 500 ha)

Distribution des jours de récolte en fonction des conditions de récolte et de la période



Distribution des ha du plan de charge en fonction des conditions de récolte et de la période



C'est un outil intuitif et facile à utiliser ; des menus déroulants et des valeurs par défaut issues d'enquêtes permettent d'obtenir rapidement des informations pour chacun des modules. Les trois modules peuvent s'utiliser de façon indépendante et des simulations personnalisées peuvent aussi être réalisées : les valeurs par défaut peuvent être remplacées par les données réelles de l'utilisateur avant de lancer sa simulation. L'outil Perfbet est destiné aux utilisateurs des machines de récoltes de betteraves (planteur, CUMA, entreprise) et aux conseillers et techniciens issus du monde des agroéquipements ou de la betterave. L'originalité de Perfbet réside dans sa base de données technique, la possibilité de comparer différents coûts de chantier en pouvant rajouter des coûts optionnels pour des bennes (souvent nécessaires dans un chantier de betterave) ou de la main d'œuvre et au niveau organisation du travail. L'utilisateur peut comparer différents plannings de travail et voir l'impact de ce planning suivant différents indicateurs : temps de travail, consommation, tare terre exportée.

En conclusion

Ces dernières années, des restructurations au sein des constructeurs de machines de récolte de betteraves ont modifié l'offre de ces différents types de chantiers. De ce fait, beaucoup de structures s'interrogent pour savoir vers quelle machine s'orienter. De plus, dans un contexte d'allongement des durées de campagnes betteravières d'environ un mois et de rentabilité de la filière toujours plus important à l'approche de l'arrêt des quotas en 2017, il est important d'optimiser au mieux cette étape de la culture, notamment lorsque l'impact des conditions de récolte et du planning de plan de charge peut augmenter la consommation surfacique (en l/ha) de la machine et la tare terre exportée à l'usine (terre entourant les betteraves, qui doit être nettoyée à l'arrivée des betteraves à la sucrerie) et diminuer la performance de récolte comme il a été démontré dans le projet Perfbet. Sans outil d'aide à la décision, le choix est donc difficile pour tout futur acquéreur de machines de récolte que ce soit pour les particuliers ou les entreprises qui ont un parc de machines amené à se renouveler régulièrement. C'est pourquoi, l'objectif final de ce projet était la création de l'OAD Perfbet, un outil unique sur la thématique de la récolte de betteraves qui associe différentes approches de cette opération culturale rarement mises en commun au sein d'un même outil : des caractéristiques techniques des machines, des informations économiques et une évaluation du risque environnemental et économique d'un plan de charge. La base de données issue des expérimentations et des enquêtes constituée dans ce projet est unique et a été une véritable source d'enseignement dont l'analyse va perdurer au-delà du projet et continuera d'alimenter l'outil Perfbet.

Références bibliographiques

FNCUMA, 2011. Enquête réalisée par l'Observatoire Qualitatif du Matériel Agricole de la FNCUMA - Entraid' n°334, Juillet-Août 2011

Gil-Sierra J., Ortiz-Canavate J., Gil-Quiros V., Casanova-Kindelan J., 2007. Energy efficiency in agricultural tractors: a methodology for their classification. *Applied Engineering in Agriculture* 32(2), 145-150.

ITB, 2006. CR Travaux 2006 - Récolte 2006, <http://www.institut-betterave.asso.fr/>, document accédé le 30/03/2009.

ITB, 2007a. Réduire la tare déchet et optimiser le déterrage des betteraves, <http://www.institut-betterave.asso.fr/>

ITB, 2007b. Réglages des machines de récolte, [http://www.institut-betterave.asso.fr/Brochure_FC_Intégrales_web-2\[1\].pdf](http://www.institut-betterave.asso.fr/Brochure_FC_Intégrales_web-2[1].pdf), document accédé le 30/03/2009.

Lacour S., Dieudé-Fauvel E., 2008. Un outil de simulation numérique pour comparer la consommation de carburant des tracteurs agricoles pendant l'usage et déterminer leur impact environnemental. Paper presented at the Ecotechs 08 - Des éco-indicateurs à l'évaluation et la certification environnementale, Montoldre, 21-22 octobre.

Tricot N., Popieul J.-C., 2007. Evaluation d'un ACC auto-adaptatif. *e-STA*, 4(3)

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0)



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son URL)