

## Comment déterminer la consommation des automoteurs agricoles ?

**Afin d'orienter efficacement une politique de maîtrise des consommations d'énergie en agriculture, il est essentiel de disposer de données synthétiques sur la consommation de carburants du matériel agricole dans les exploitations. Les auteurs nous présentent ici des estimations de consommation obtenues à partir de deux approches différentes : une approche centrée sur la machine et une approche agronomique du travail mécanisé.**



La maîtrise de l'énergie et le respect de l'environnement sont des thématiques désormais placées au cœur des préoccupations de notre société. Ceci est d'autant plus vrai dans le domaine agricole, en lien direct avec le milieu et les ressources naturelles (photo 1). En pratique, l'agriculture doit

beaucoup au machinisme qui a permis de modifier les pratiques agricoles et d'augmenter les rendements de production. Aujourd'hui, les charges liées à l'énergie représentent près de 6 % des charges totales d'une exploitation (Bochu *et al.* 2006). La perspective d'une augmentation des charges, liée à la hausse du prix des carburants, contraint donc les différents acteurs du machinisme à imaginer des scénarios de développement de machines et pratiques plus économes en carburant.

À l'heure actuelle, on dispose d'une information relativement agrégée sur les quantités de carburant utilisées et les émissions polluantes associées au secteur de l'agriculture. Ces estimations sont réalisées dans le cadre d'inventaires nationaux. Mais on manque de données plus précises pour orienter efficacement une politique de maîtrise des consommations d'énergie.

L'objet de cet article est de fournir des éléments synthétiques sur la consommation de carburants du matériel agricole dans les exploitations. En partant du total national, on affecte des quantités de carburant utilisé par les tracteurs agricoles en inversant la méthode classique d'inventaire. Ce faisant, on présente ainsi les ordres de grandeurs estimés sur le parc de machines et son fonctionnement, qui sont comparés à d'autres valeurs internationales. Cela nous permet ainsi de discuter des

éléments qui nous permettraient d'améliorer la précision des enquêtes et d'envisager les méthodes à mettre en œuvre pour étudier des scénarios prospectifs sur les équipements en matériels agricoles. Dans un premier volet, on présente des estimations de consommation obtenues à partir d'une approche centrée sur la machine. Dans un second volet, on présente des estimatifs déclinés à travers une approche agronomique du travail mécanisé. L'ensemble montre la dichotomie entre ces deux approches de la même question et met en lumière la difficulté rencontrée dès lors qu'on souhaite aborder la question de l'optimisation environnementale de l'engin agricole en regard du service rendu.

### Bilan d'énergie des engins agricoles en France

Comme pour les autres modes de transports routiers, la pollution associée au fonctionnement des tracteurs est une pollution atmosphérique, liée aux gaz de combustion contenant des substances polluantes et rejetés dans l'atmosphère. Ces émissions ont un impact à plusieurs échelles :

- un effet sur le changement climatique ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_{20}$ , particules),
- un effet sur la qualité de l'air ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , composés organiques volatils dits COV, CO, particules).

Pour étudier l'impact de ces émissions, fixer des objectifs de réduction des nuisances et informer, les substances émises dans l'atmosphère sont régulièrement inventoriées. Dans les bilans nationaux publiés par le CITEPA (Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique), la contribution des machines agricoles et sylvicoles est estimée à 1,16 % des



© C. Malton (Istec)

1 Afin de répondre aux enjeux environnementaux et énergétiques, les acteurs du machinisme agricole vont devoir désormais concevoir des machines et des pratiques plus économes en carburant.

émissions françaises de CO<sub>2</sub> (hors puits), soit 6 Mt en 2007 (Chang, 2007). Les engins agricoles sont la principale source d'émissions de CO<sub>2</sub> de la catégorie « engins non routiers » avec 90 % de contribution. Cependant, cette quantité d'émission reste assez faible si on la compare aux 70 Mt de CO<sub>2</sub> émises par les voitures particulières ou aux 35 Mt CO<sub>2</sub> du transport routier.

En ce qui concerne la qualité de l'air, les engins non routiers, dont très majoritairement les engins agricoles, ont une contribution plus marquée, de l'ordre de 7 % des émissions nationales de NO<sub>x</sub> (Chang, 2007). On relève donc qu'à émissions de CO<sub>2</sub> égales, les émissions de NO<sub>x</sub> de ce secteur sont beaucoup plus importantes que celles des autres modes de transport. Néanmoins, ces quantités d'oxydes d'azote diminuent car elles sont passées de 129 à 89 kT de 1990 à 2005. Cette quantité devrait continuer à décroître du fait des réglementations de plus en plus restrictives mises en place pour limiter les émissions à l'échappement. Ces réglementations, adoptées plus tardivement pour les engins non routiers que pour les autres modes de transport, mettent petit à petit toutes les catégories en phase.

Du côté de la consommation d'énergie, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) fait état d'une consommation de 3 Mtep d'énergie directe en agriculture pour l'année 2007 (Garnier, 2008). Cette estimation, basée là encore sur les inventaires, est obtenue après analyse des quantités de carburants vendues en France et de celles consommées par d'autres secteurs que l'agriculture. Le secteur « engin non routier » est un secteur d'ajustement des estimations sur les ventes nationales de carburant et il convient donc de manier cette estimation avec précaution.

Les deux tiers de cette consommation d'énergie sont affectés aux carburants utilisés dans les tracteurs (Couturier, 2003), ce qui situe la consommation des tracteurs en France au même niveau que la consommation espagnole. On peut là encore mettre en regard cette consommation de 2 Mtep avec les 24 Mtep consommés par les véhicules particuliers. On observe une bonne cohérence entre les estimations des émissions de CO<sub>2</sub> et les estimations de consommation : au niveau national, les tracteurs agricoles consomment ainsi douze fois moins de carburant que les véhicules particuliers et cette consommation d'énergie a été réduite de moitié depuis les années 1980.

Partant de ces estimations, réalisées sur des bilans très agrégés de consommation et de pollution, on les décompose dans ce qui suit pour s'intéresser à la consommation annuelle d'un tracteur. Mais pour arriver à cette décomposition, il est nécessaire dans un premier temps de caractériser le parc de tracteur.

### Consommation énergétique de carburant d'un tracteur sur l'exploitation

Les 2 Mtep de carburant représentent ainsi une consommation approximative de 7 400 litres de carburant par an pour chacune des 326 000 exploitations agricoles professionnelles en France. La totalité de la consommation de carburant des engins non routiers agricoles et sylvicoles est ici affectée aux seules exploitations agricoles : on néglige les quantités affectées à d'autres engins, comme ceux de la sylviculture, des coopératives ou des entreprises de travaux agricoles qui, on l'a vu précédemment, représente 10 % des volumes de carburant consommé. Avec cette hypothèse, on surestime donc de moins de 10 % les valeurs affectées aux exploitations.

### 1 Parc des tracteurs agricoles (recensement de matériels [Agreste, 2005]).

Tracteurs	1988	2000	2005
Parc total	1 476 286	1 263 970	1 176 426
Moins de 55 ch DIN	712 659	385 089	276 576
De 55 à 79 ch DIN	520 752	451 389	403 147
De 80 à 134 ch DIN	231 467	379 209	425 137
De 135 à 169 ch DIN	11 408	48 283	54 791
170 ch DIN et plus			16 775
Puissance moyenne du parc (kW)	47,2	55,6	60,9

#### Nombre de tracteurs sur les exploitations

On met face à cette consommation la population de tracteurs agricoles en France pour en évaluer leur usage annuel moyen. En 2005, les recensements effectués par Agreste<sup>1</sup> (tableau 1) font mention d'un parc national de tracteurs en déclin, mais encore estimé à 1,170 millions de tracteurs. En négligeant les effectifs des CUMA (coopératives d'utilisation du matériel agricole, environ 5 000 tracteurs) et des ETA ou entraide (entreprise de travaux agricoles, effectif de 165 000), l'effectif par exploitation professionnelle est donc de 979 milliers de tracteurs (Rattin, 2006). Il est vraisemblable que tous ces tracteurs n'aient plus toujours un véritable usage agricole, même s'il n'est pas aberrant d'observer un taux de 3 tracteurs par exploitation (à titre d'exemple, 2,5 relevé dans DDAF<sup>2</sup> [2003], et 2,4 à 3,3 pour les fermes canadiennes [Dyer, 2006]). Le prochain recensement par Agreste devrait permettre de réactualiser et d'affiner cette valeur dans le courant de l'année prochaine.

Cependant, le nombre de tracteurs par ferme est de nos jours un mauvais indicateur d'équipement : le recensement du matériel agricole nous renseigne sur le parc statique, c'est-à-dire, le stock d'engins disponibles pour faire des travaux agricoles. Mais il reflète assez mal l'image du parc dynamique, constitué des machines réellement utilisées dans les exploitations. En effet, les tracteurs se déprécient lentement. D'un point de vue technique, les moteurs sont conçus pour durer au bas mot entre 5 000 et 7 000 heures de fonctionnement pleine charge, ce qui représentent plus d'une dizaine d'années de demi-vie<sup>3</sup>. La mise au rebut d'une machine n'est que rarement associée à la fin de vie du moteur. La décision de renouvellement d'un tracteur est plus une question d'investissement financier dans une capacité de travail garantie qu'un choix sur des critères d'efficacité énergétique ou de gain sur le temps de travail. Dyer

émet l'hypothèse que le renouvellement des tracteurs se fait en priorité sur le tracteur de tête, le tracteur le plus récent et le plus utilisé dans l'exploitation, tandis qu'un stock de machines anciennes et de faibles puissances reste peu utilisé. Hors, ce stockage est difficile à apprécier et à prendre en compte.

#### Puissance des tracteurs

Dans les méthodes d'inventaires américaines, le parc de matériel agricole est estimé en comptant le matériel mis en service chaque année à partir des immatriculations. Puis, on affecte à ces immatriculations un coefficient de survie. Celui-ci permet de prendre en compte la disparition progressive des engins au fur et à mesure de leur vieillissement. Une telle méthode est intéressante car elle permet d'accéder à une représentation plus dynamique des évolutions du matériel en s'intéressant aux immatriculations de tracteurs neufs. Par contre, cette méthode pose le problème délicat de l'estimation de coefficients de survie. Pour l'US-EPA (*Environmental Protection Agency of United-States*), les taux de survie sont directement liés à la durée de vie mécanique des moteurs. Ni la notion d'investissement, ni le stockage de vieux matériel ne sont pris en compte avec ce type d'approche. L'utilisation de ces coefficients de survie nous semble l'un des facteurs limitant de l'approche, mal adaptée à l'outil de travail qu'est la tracteur.

Néanmoins, l'intérêt des chroniques des immatriculations de tracteurs neufs (figure 1) est important si on s'intéresse à la puissance des machines équipant les exploitations. Depuis 1996, le nombre d'immatriculations est relativement stable au-dessus de 35 000 véhicules : le total de ces immatriculations sur dix ans représente plus de 40 % du parc recensé par Agreste.

La puissance moyenne à l'immatriculation reste aussi relativement stable, légèrement en dessous de 80 kW. Cette puissance estimée sur la base des immatriculations est nettement supérieure à celle estimée sur la base du parc statique (61 kW). Cet écart peut se justifier par la très forte inertie du parc statique et par la forte proportion de matériel ancien et de faible puissance qu'il renferme. La notion de course à la puissance n'apparaît

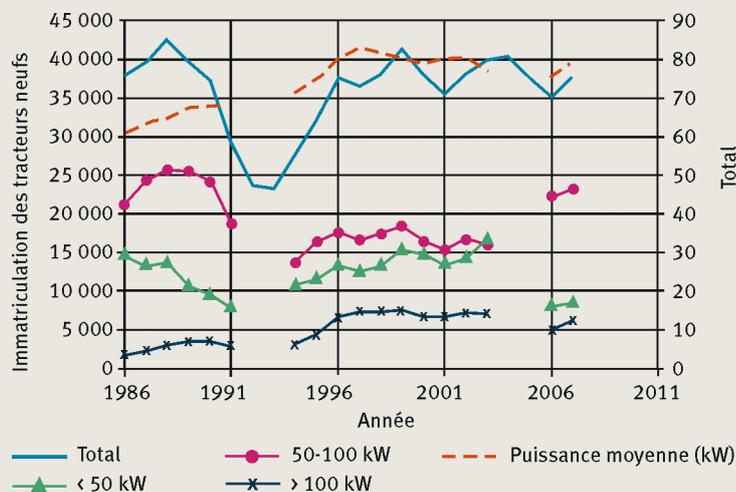
1. Agreste : la statistique, l'évaluation et la prospective agricole du ministère en charge de l'agriculture.
2. Direction départementale de l'agriculture et de la forêt.
3. Demi-vie : durée nécessaire pour voir disparaître la moitié de la population d'origine.

pas vraiment comme le phénomène marquant de ces dernières années : la gamme intermédiaire reste la plus importante dans les volumes de ventes, la part des très grosses machines ne semble plus vraiment progresser depuis plusieurs années. Le marché de tracteurs de faible puissance est lui très sensible aux conjonctures et fluctue de manière assez importante.

### Facteurs de consommation d'énergie

Tous ces tracteurs ont un taux d'utilisation qu'on peut reconstituer en faisant le lien entre le parc des tracteurs et les quantités annuelles de consommation d'énergie. En effet, les émissions polluantes d'une machine s'expriment sous la forme du produit d'une activité par un facteur d'émission. Le facteur d'émission (respectivement de consommation) est la quantité d'émission polluante rejetée à l'échappement des machines (respectivement la quantité de carburant consommée). Cette quantité est toujours ramenée à la puissance de travail développée par le tracteur. Le facteur de consommation s'exprime donc en gramme ou litre de carburant par kWh produit. Différentes estimations peuvent être utilisées pour déterminer la valeur du facteur de consommation de carburant (tableau 2). Ces facteurs de consommation sont déterminés en testant les tracteurs et/ou les moteurs en laboratoire dans divers conditions de fonctionnement. On prend notamment en compte qu'un tracteur n'est pas utilisé à sa pleine puissance en permanence. Il fonctionne régulièrement à charge partielle et la « puissance produite » ou « puissance utile » du moteur est de ce fait inférieure à la « puissance nominale » du tracteur. Les charges partielles sont directement prises en compte par un coefficient de pondération de charge dans les méthodes américaines (coefficient de l'US-EPA). Nous avons calculé ce même coefficient de charge en fonction des points de fonctionnement utilisés dans les procédures d'essais des laboratoires, détaillées dans Gil-Sierra (2007) et Samaras (2006). On estime ainsi que la consommation horaire moyenne d'un tracteur est de 14,5 L/h en moyenne, en supposant pour cela que la puissance moyenne d'un tracteur en France est de l'ordre de 80 kW (données d'immatriculations).

### 1 Évolution des immatriculations françaises de tracteurs neufs dans le temps et puissance moyenne des immatriculations.



### Taux d'utilisation des tracteurs

Si la consommation annuelle de carburant par exploitation est de 7 400 L, et que le tracteur moyen consomme 14,5 L/h pour une puissance nominale de 80 kW, on arrive ainsi à avoir une estimation du temps de fonctionnement de 510 heures de tracteurs par an. Ce nombre d'heures reste à répartir sur l'ensemble des tracteurs de l'exploitation.

Peu de données récentes permettent de vérifier avec précision la durée annuelle d'utilisation d'un tracteur. Une enquête, réalisée en France par Demonsant (1981), fait état d'une durée annuelle de 700 heures en moyenne. Le nombre d'heures d'utilisation des tracteurs a donc diminué depuis les années 1980.

Les méthodes d'inventaires américaines font référence à une durée annuelle d'utilisation inférieure, de l'ordre de 475 heures/an aux États-Unis et de 300 heures au Canada (EPA, 2004 ; Dyer, 2006). Cette durée varie selon la puissance du tracteur : plus le tracteur est puissant, plus le

### 2 Consommation caractéristique d'un tracteur moyen (L/kWh) et puissance utile en fonction de la puissance nominale de la machine.

	Stadler (2002)	Gil-Sierra (2007)	Samaras (2006)	Lecocq (1990)
Facteur de consommation (L/kWh)	À pleine charge, 0,330 À charge partielle, 0,390	0,353	0,306	0,16
$P_{\text{utile}}/P_{\text{nominale}}$ (60 % EPA)		67 %	58 %	100 %
Consommation ( $P_{\text{nominale}} = 80 \text{ kW}$ )		19 L/h	14 L/h	13 L/h
Consommation ( $P_{\text{nominale}} = 60 \text{ kW}$ )		14,2 L/h	10,6 L/h	9,6 L/h

► nombre d'heures d'utilisation est important : elle peut descendre à une centaine d'heures par an pour la classe de plus faible puissance (Lambrecht, 2007). Elle dépend également de l'âge de la machine : plus le tracteur est ancien, moins il est utilisé. La durée d'utilisation peut également varier en fonction de la taille de l'exploitation, mais cette variation reste relativement décorrélée de la surface exploitée. De toutes les données, la durée annuelle du fonctionnement des tracteurs reste la donnée la moins documentée de cette partie. Cette donnée est pourtant essentielle pour apprécier la rentabilité d'un tracteur ou même, juger de son empreinte écologique par une analyse en cycle de vie.

Les inventaires de carburant utilisé par les machines agricoles se font à partir des méthodes préconisées par l'US-EPA ou EMEP-Corinair dans bien des pays. Généralement, la méthode consiste à déterminer le parc des engins, leur affecter un taux d'utilisation et une consommation unitaire pour estimer la consommation nationale des tracteurs.

En France, cette estimation repose plutôt sur le rebouclage des ventes de carburant par rapport aux autres secteurs d'activité. C'est sans doute pour cela que le suivi du parc de matériel est moins fréquemment actualisé. Les méthodes d'inventaires existant, la mise à jour des données françaises pourrait facilement s'envisager par la relance d'enquêtes un peu détaillées et dont le format de questionnaire existe déjà.

Pour autant, l'ensemble des références bibliographiques sur le sujet font état de la nécessité d'une meilleure

caractérisation de l'usage des machines agricoles. Cette question est d'autant plus importante que l'Europe met en place des politiques visant à réduire de 20 % les factures énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2020, ce qui implique la réalisation d'une situation de référence dès maintenant. En effet, l'absence d'un bilan précis pour la situation actuelle rendrait en effet contestable toute affirmation quant à une réduction effective de la consommation en 2020, quelle soit ou non supérieure à 20 %. Et bien que la consommation d'énergie des automoteurs agricoles soit faible dans les bilans nationaux, les objectifs de réduction qui s'appliquent à tous les secteurs sont d'autant plus importants qu'ils ont également des conséquences directes sur la compétitivité des exploitations agricoles.

La mise en place d'une politique de maîtrise de l'énergie nécessite l'implication de tous les acteurs : les agriculteurs sont donc concernés au premier chef et leurs questions sur l'énergie ne peuvent s'aborder seulement par l'approche « machine » : les questions posées par les agriculteurs tournent plus autour de leurs pratiques culturales et nécessitent une approche à la parcelle.

### Consommation de carburant à la parcelle

En s'intéressant à la production et non plus à l'exploitation, on est également tenté de désagréger les données nationales pour déterminer des valeurs de consommation à l'hectare. La surface cultivée des exploitations en France avoisinant les 27,5 millions d'hectares, on observe que

#### 3 Consommation de carburant pour différentes opérations culturales (L/ha), d'après Pick (1989), Koga (2003) et COMOP 15<sup>4</sup> (2008).

	Autre	Préparation sol		Semis	Récolte	Traitement	Total
	Dont transport : 0,35-0,55 L/km	Sol : 11-18	Labour : 17 à 35	Selon outil : 5 (semoir), 13 à 20 (semis combiné)		1,5 à 9,5 selon traitement. À multiplier par le nombre de traitements, 3 en moyenne	
Blé	1	21 32-40	30	4-13	21-25 33-35	5-20	110
Orge	1	32-35	30	4	20-30	20	83
Betterave	6	21 60 si labour	30	6-17 4	42-65 90	20	155
Pomme de terre	6	21-30 65 si labour	30	10	127 80	30	190
Fourrage		5-15	-	-	Coupe : 12 + 12 + 4 (56/an). Ensilage : 28 (56/an).	14	136
Fève	7	21	30	10	40	11	120

#### 4. Plan de certification environnementale des exploitations agricoles.

4 Consommation de carburant au labour en fonction des outils et du type de sol (Fidalgo, 2005).

	Profondeur de travail (cm)	Type de sol		
		sableux	limoneux	argileux
Sous-soleuse	45-50	17,7	20,8	32,1
Décompacteur	28-30	16,5	18,0	26,5
Chisels (cult. lourds)	20	11	13,0	18,5
Cultivateurs (légers)	17	8,3	9	10,6
Herse à disque	10	6,3	6,4	7,2
Herse rotative	10	11,9	13,5	18,2
Herse à dents	5	5	5	5

la consommation moyenne de carburant est de l'ordre de 87 L/ha en moyenne. Là encore, la référence à des sources de documentation anciennes montre que cette valeur est relativement faible. Néanmoins, il faut tenir compte des surfaces pour lesquelles la consommation en carburant est inexistante ou faible, comme pour les surfaces permanentes en herbes ou les jachères. Ce type de bilan est plus fréquemment utilisé quand on cherche à apprécier les gains de carburant ou de CO<sub>2</sub> associés aux pratiques culturales simplifiées (Koga, 2003).

La consommation de carburant ramenée à l'hectare va beaucoup dépendre de la culture mise en place et des opérations mécanisées mises en œuvre au travers des itinéraires techniques culturaux (tableau 3). D'anciens bilans montrent que les opérations les plus coûteuses en carburant sont en général les opérations de récoltes. C'est particulièrement vrai pour les produits denses et enfouis, comme la pomme de terre ou la betterave.

Parallèlement, le bilan annuel peut aussi très vite augmenter en fonction du nombre d'opérations effectuées dans l'année : la récolte du fourrage en est un exemple de culture pour laquelle la consommation annuelle va dépendre significativement du nombre de coupe.

Enfin, dans tous les cas, toutes les valeurs recensées dans la littérature présentent un degré de variabilité très important. Cette variabilité est liée à la grande diversité des tracteurs et outils agricoles mis en œuvre.

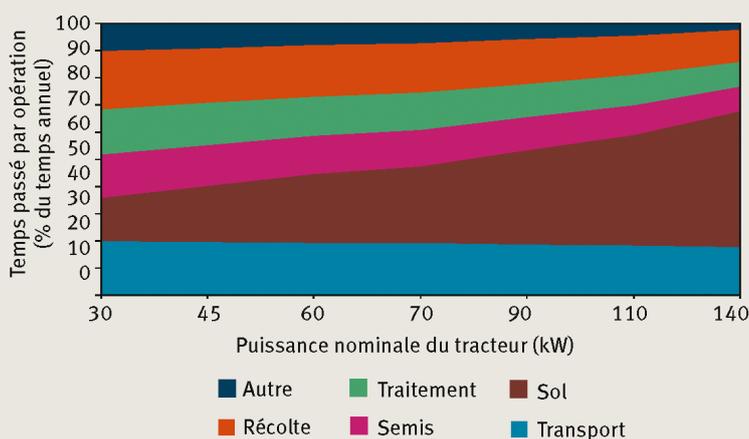
Parmi les travaux mécanisés, on considère en général que le labour est le plus consommateur d'énergie. Mais c'est surtout parce que le dimensionnement des tracteurs se fait traditionnellement sur cette opération : le tracteur doit pouvoir fournir la puissance nécessaire aux outils de travail du sol, qui requièrent en général la plus grande puissance. Pour autant, les travaux du sol ne sont pas nécessairement les plus longs. En effet, la consommation à la parcelle n'est pas seulement liée au besoin de puissance. Elle est également liée au temps passé pour chaque opération et donc à la vitesse d'exécution des travaux. En effet, l'énergie reste toujours le produit d'une puissance par un temps. C'est en raisonnant en énergie

qu'on tisse le lien entre puissance, vitesse d'avancement et consommation horaire de carburant.

Mais c'est aussi largement le type d'outil utilisé qui conditionne la consommation du tracteur. Un tracteur n'est évidemment pas utilisé pour lui-même mais bien pour animer et tracter des outils dont la conception, la puissance requise pour les animer et les objectifs de mises en œuvre vont dépendre des pratiques culturales. Dans le tableau 4, on montre ainsi à quel point les outils de travail du sol peuvent induire des consommations variables selon la technologie d'outil, la profondeur de travail et la nature du sol : on trouve facilement un facteur 4 entre les cas le plus bénéfique et le moins avantageux pour la consommation.

Quel outil pour quelle consommation ? Quels gains pour une pratique culturale différente ? Les enquêtes sur les travaux mécanisés dans les exploitations ne permettent pas de répondre facilement. Classiquement, les

2 Estimation de la durée annuelle passée dans les différentes opérations culturales en fonction de la puissance des tracteurs (à partir de IDAE [2007], Renius [1994] et Demonsant [1981]).



► recensements distinguent les temps consacrés à différents travaux sans beaucoup de détails. Ils permettent ainsi de fournir des estimations des temps passés pour des traitements, le labour... ainsi que présenté sur la figure 2. Ces résultats d'enquête montrent d'ailleurs une grande homogénéité des valeurs espagnoles, allemandes ou françaises. Mais l'approche reste au niveau de la machine et non au niveau de la pratique culturale. Le croisement entre le tracteur et la pratique culturale reste impossible faute d'une description détaillée de ces deux composantes, qui se rassemble autour de l'outil.

Pourtant, la durée annuelle d'utilisation des tracteurs et les opérations culturales sont liées par les outils mis en œuvre. Pour passer d'une consommation horaire de la machine à une consommation à l'hectare, il est nécessaire de connaître la largeur des outils utilisés et la vitesse d'exécution des travaux. Pour déterminer le nombre d'heures annuel de tracteur, il faut savoir quelles sont les opérations culturales mises en œuvre dans l'exploitation. Il faut également connaître celles réalisées hors exploitation, pour un certain nombre d'opérations comme la récolte des betteraves sucrières, par exemple.

### Conclusion et perspectives

Les besoins énergétiques pour le travail mécanisé agricole en France sont actuellement assez mal connus dans le détail. Basés sur des estimations approximatives et anciennes, ils ne suffisent pas pour réaliser un état de lieu très précis de ce qui est la consommation de carburant par les agroéquipements. Les enquêtes utilisateurs sont un moyen effectif de mettre à jour les données nécessaires à la réalisation des inventaires de tracteurs en France. Cette étape est incontournable pour actualiser les connaissances de notre parc de machines, mais elle semble insuffisante pour répondre à toutes les questions pratiques posées par les agriculteurs pour une meilleure maîtrise de leur consommation énergétique.

Identifiées, ces questions portent souvent sur la pratique culturale : consommation associée à l'agriculture biologique, à des techniques culturales simplifiées... D'autres portent plutôt sur la composante machine : consommation associée à un type de machine, dimensionnement du tracteur de tête, intérêt énergétique des automatismes proposés par les constructeurs, gains associés à la conduite économique... Le manque d'une connaissance suffisamment détaillée ne permet pas d'apporter des réponses claires : la plupart du temps, les réductions de consommation sont inférieures à la précision de l'indicateur et apparaissent tantôt insignifiantes, tantôt miraculeuses selon le référentiel choisi.

Pour améliorer les liens entre le travail agricole et le fonctionnement de l'engin, des cycles caractéristiques représentant des séquences de travail d'un tracteur ont été développés, notamment en Allemagne. L'intérêt de ces cycles est multiple. D'abord, ils permettent d'introduire plus facilement une décomposition des circuits de puissance spécifique aux tracteurs car les besoins sont exprimés séparément entre les besoins pour l'avancement, les besoins pour la traction et les besoins en puissance hydraulique. En découpant plus clairement les différents besoins de puissance d'un tracteur, l'approche permet d'aborder des questions importantes de conception au niveau de la machine : polygénération, multi-carburant, récupération de chaleur, optimisation d'un lubrifiant... Ensuite, les résultats de cette évaluation sont en outre exprimés non pas en termes de rendement, mais en fonction d'unités fonctionnelles spécifiques au travail agricole et donc plus accessibles aux exploitants.

Mais l'absence d'une méthode de synthèse de ces cycles ne permet pas de traiter de la performance des engins à long terme, telle qu'elle est abordée pour l'ACV (analyse de cycle de vie). En outre, en centrant l'approche sur le tracteur, le lien avec l'agronomie reste toujours faible et les raisonnements « machines » et « opération culturales » restent très disjoints, rendant très difficile le pilotage d'une politique d'économie d'énergie dans le paysage français si diversifié. C'est pourquoi il paraît nécessaire, en complément d'un découpage fonctionnel du travail d'une machine, de s'intéresser à la comparaison de machines autour d'un travail. Comme dans l'exemple de l'épandage, cette approche permet de mieux coupler machine et agronomie. La mise en œuvre de ces analyses sur d'autres types de chantiers devrait permettre d'élargir les méthodes d'éco-conception développées à Irstea pour faire évoluer les agroéquipements vers des solutions durables, tant pour la qualité que pour la quantité des carburants utilisés. ■

### Les auteurs

**Frédéric VIGIER, Stéphanie LACOUR et Samia BENZAI**

Irstea, centre d'Antony, UR TSAN, Technologies pour la sécurité et les performances des agroéquipements/CNAM-EA 21, 1 rue Pierre Gilles de Gennes, CS 10030, 92761 Antony

✉ [frederic.vigier@irstea.fr](mailto:frederic.vigier@irstea.fr)

✉ [stephanie.lacour@irstea.fr](mailto:stephanie.lacour@irstea.fr)

✉ [samia.benzai@irstea.fr](mailto:samia.benzai@irstea.fr)

**Émilie DIEUDÉ-FAUVEL**

Irstea, centre de Clermont-Ferrand, UR TSCF, Technologies et systèmes d'information pour les agrosystèmes, Site de recherche et d'expérimentation, Domaine des Palaquins 03150 Montoldre

✉ [emilie.dieude-fauvel@irstea.fr](mailto:emilie.dieude-fauvel@irstea.fr)

## QUELQUES RÉFÉRENCES CLÉS...

-  **AGRESTE**, 2005, *Enquête 2005 sur la structure des exploitations – Ensemble des exploitations – Irrigation et Matériels*, Ministère de l'Agriculture.
-  **CHANG, J.-P., FONTENELLE, J.-P., SERVEAU, N.**, 2007, *Inventaires des émissions polluantes atmosphériques en France, séries sectorielles et analyses et étendues*, C. 622, Paris, CITEPA, 291 p.
-  **COMOP15**, 2008, *Énergie dans le secteur des entreprises de travaux agricoles, forestiers et ruraux*, Ministère de l'Agriculture, 6 p.
-  **COUURIER, C., BOCHU, J.-L., POINTEREAU, P., DOUBLET, S.**, 2003, *Plan Climat 2003, Groupe Agriculture, Forêts, Produits dérivés, 12 propositions pour lutter contre le changement climatique dans le secteur de l'agriculture*, Solagro, Paris, 45 p.
-  **DDAF**, 2003, *Le matériel agricole en 2000 dans les exploitations professionnelles*, *Agreste Manche*, n° 43, p. 6.

► Consulter l'ensemble des références sur le site de la revue [www.set-revue.fr](http://www.set-revue.fr)

*Afin d'orienter efficacement une politique de maîtrise des consommations d'énergie en agriculture, il est essentiel de disposer de données synthétiques sur la consommation de carburants du matériel agricole dans les exploitations.*