



Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II  
Filière de Formation en Génie Rural  
Département Energie et Agroéquipements

**MANAGEMENT  
DES MACHINES AGRICOLES**

**Pr. El Hassane BOURARACH**

Centre de Formation en Machinisme Agricole  
Novembre 2010

## Sommaire

I. Etude du temps des travaux.....	3
Intérêt de l'étude du temps des travaux.....	3
<i>Méthodes de calcul du temps des travaux.....</i>	<i>3</i>
<i>Agrégation du temps de travaux.....</i>	<i>4</i>
<i>Détermination des différentes composantes du temps.....</i>	<i>4</i>
II. Capacités et efficacité.....	5
Capacité théorique au champ (CTC).....	5
Capacité effective au champ (CEC).....	6
Efficacité.....	6
III. Puissance et énergie.....	7
Puissance requise ou à la barre.....	7
Puissance moteur:.....	7
Consommation de carburant et de lubrifiant.....	7
IV. Organisation du chantier.....	8
V. Dimensionnement d'un parc de matériel agricole.....	9
Cheminement de la procédure.....	9
Evaluation approximative:.....	9
Evaluation plus détaillée:.....	10
Indicateurs et moyens de référence et de comparaison.....	10
VI. Calcul des coûts.....	12

## I. Etude du temps des travaux

### *Intérêt de l'étude du temps des travaux*

Le temps est devenu un facteur déterminant dans notre vie et dans nos relations avec nos semblables, aussi bien dans nos relations familiales, amicales que professionnelles. Pour ne pas rater le train, l'avion, le rendez-vous ou l'échéance, il faut programmer, chronométrer, projeter, planifier. Souvent, il faut remettre les pendules à l'heure. Ainsi, nous nous rendons compte qu'il faut savoir l'heure exacte, connaître ses repères, ses rendez-vous et surtout connaître avec le plus d'exactitude le temps qu'il faille pour réaliser telle ou telles tâches. Combien de temps me faut-il pour me rendre au travail ? Combien de temps me faut-il pour traverser la ville ? Ce sont des questions inconscientes que nous nous posons quotidiennement et auxquelles nous essayons de trouver des réponses plus au moins précises sans prendre un stylo, une feuille et un chronomètre.

Ces tableaux de la vie de tous les jours ne diffèrent pas de la vie dans une entreprise, une exploitation ou dans un chantier. En plus de la perte de crédibilité qui découle d'un retard ou d'un manquement à un rendez-vous dans les relations de la vie privée, dans la vie professionnelle ceci implique des retombées économiques. Le respect du temps, avant d'être une responsabilité, est une culture. Il implique des enjeux relationnels et surtout économiques. Ainsi, l'étude du temps revêt une importance cruciale dans tout processus technique : fabrication, construction, production, réalisation et autres. Elle est justifiée par plusieurs raisons :

- Connaissance de ses propres capacités
- Optimisation de la gestion des moyens existants
- Calcul du coût

### *Méthodes de calcul du temps des travaux*

Trois méthodes de temps de travaux sont les plus utilisées :

- Journal d'exploitation
- Observation
- Essai

Le journal d'exploitation est la méthode la moins précise, mais elle a l'avantage d'aboutir à des temps, quoique surestimés, plus représentatifs de la réalité. Pour avoir une meilleure fiabilité, il faut se baser des données de plusieurs années. L'observation, même si elle permet d'obtenir des données plus exactes, elle lui arrive de biaiser la réalité si l'observateur ne prend pas les précautions requises. Elle nécessite des mesures sur un plus grand nombre de sites afin de s'approcher plus des conditions spécifiques de prédiction. La méthode d'essai est la plus précise. Là aussi, le choix des opérateurs et la précision de la méthode de mesure retenue sont décisifs dans l'obtention de données fiables. Bien raisonnée, elle permet d'isoler des opérations élémentaires et de pouvoir composer à sa guise l'organisation du chantier souhaitée ou rechercher la plus adaptée.

Pour mettre en œuvre la méthode d'essai, on procède tout d'abord à l'identification des cycles répétitifs. Ensuite, on procède à délimiter les opérations élémentaires d'un cycle. Une opération doit être «isolable» pour qu'elle soit reconnue élémentaire. C'est ainsi qu'il est possible de la délimiter par des actions ou gestes élémentaires comme par exemple des changements de mouvement, de sens, de direction ou de vitesse... (Exemple: types de tournière).

### **Agrégation du temps de travaux**

Le temps de réalisation d'une opération donnée se décompose en un temps effectif de réalisation de l'opération et un temps accessoire, nécessaire pour pouvoir réaliser l'opération en question.

$$\begin{aligned} T^*T &= TE + TA \\ &= TE + TP + TSP + TM + TR + TD \end{aligned}$$

où :

T<sup>\*</sup>T : temps total

TE : temps effectif

TA : temps accessoire

TP : temps de préparation

TSP : temps de transport

TM : temps de manœuvre

TR : temps de ravitaillement et de vidange

TD : temps de dérangement

$$TE \# \frac{LG.L}{V.LT}$$

### **Détermination des différentes composantes du temps**

$$TE = TE_0 + TEF$$

TE<sub>0</sub> : temps effectif de la planche principale (avec la longueur qui devient LG – 2LF (LF : largeur fourrière)

TEF : temps effectif de fourrière (temps passé effectivement à travailler les tournières)

$$TE_0 = \frac{(LG-2LF).L}{V.LT}$$

La méthode la plus simple et approximative pour calculer le temps effectif de fourrière est de considérer comme un temps effectif normal majoré de 50% pour tenir compte de la difficulté de travail.

$$TEF = \frac{2.1,5.L.F.L}{V.LT}$$

Le temps de manœuvre dans les tournières (temps de passages à vide dans les tournières) est selon les cas :

- Travail à plat en boucle ou en hirondelle

La méthode la plus simple est de chronométrer une dizaine de virages en boucle et d'en prendre la moyenne, soit  $TFV_0$ .

$$TM = N \cdot TFV_0 = \frac{L}{LT} \cdot TFV_0$$

- Travail en planche

$$TM = N(L/2 + RTO(\pi-2)) = L/LT(L/2 + RTO(\pi-2))$$

Le temps total net (sans les autres composantes du temps accessoires) pour travailler une parcelle (L, LG) est donc :

$$TTN = TE + TM$$

## II. Capacités et efficience

Les éléments de base pour définir la capacité d'une machine ou un outil (paramètre représentant la quantité que peut traiter cet engin par unité de temps) sont le plus souvent la largeur et la vitesse de travail.

La largeur de travail est égale à la distance entre les deux éléments (corps) extrêmes augmentée de la largeur de travail d'un élément (unitaire). En cas de travail localisé ou en bande, on considère alors le nombre d'éléments.

La vitesse de travail réelle est souvent un compromis entre celle permise par la puissance disponible, celle autorisée par le terrain et par l'exécution de l'opération.

### **Capacité théorique au champ (CTC)**

C'est la capacité obtenue sans aucune perte de temps. C'est à dire utilisation de 100% de largeur et la totalité du temps est passée à réaliser l'opération concernée.

$$CTC = 0,1.LT.V$$

LT Largeur de travail (m)  
V Vitesse de travail (Km/h)

### **Capacité effective au champ (CEC)**

C'est la capacité réelle, c'est à dire celle incluant les pertes de temps de transport, de manœuvre, de préparation, d'approvisionnement et de dérrangement. La capacité effective au champ (CEC) est définie par l'expression:

$$CEC = \frac{S}{T_E + T_P + T_{SP} + T_M + T_R + T_D} \quad (\text{ha/h})$$

S est la surface de la parcelle (ha).

En cas de manque d'informations et dans l'esprit d'avoir une référence et/ou une norme de comparaison on se contente de ne faire intervenir que le temps effectif net et donc CEC est approchée par :

$$CEC = \frac{S}{T_{TN}} \quad (\text{ha/h})$$

### **Efficience**

La capacité d'un engin lors d'une opération donnée est la quantité de travail réalisé<sup>1</sup> par unité de temps. L'unité de travail dans notre cas est l'hectare ou la tonne. Les unités de temps les plus utilisées sont l'heure et la journée. La longueur de la journée peut varier en fonction de la latitude et la saison. Au Maroc, nous prenons entre 8 et 12 heures pour une journée de travail.

L'efficience est donnée par l'expression :

$$E = \frac{100.CEC}{CTC} \quad (\%)$$

En prenant chaque engin individuellement. C'est à dire en supposant qu'il n'y a pas d'interaction avec les autres engins (cas de travail en équipe ou tandem).

Pour tenir compte de l'interaction avec les autres engins dans le chantier (organisation du chantier) et des conditions de travail sur le site, on multiplie le rendement théorique par un coefficient appelé efficience E. Ainsi, le rendement théorique devient rendement effectif.

---

<sup>1</sup> Ceci peut être mesuré en superficie, en volume ou en masse de produit travaillé ou manipulé.

### III. Puissance et énergie

#### **Puissance requise ou à la barre**

$$P_b = F \cdot V / 3,6 \text{ (kW)}$$

F: effort de traction (kN)

V: vitesse (km/h)

Besoins en énergie à l'hectare  $P_b / \text{CEC}$  (kWh/ha)

$$\text{Idem } P_a = C \cdot \omega / 3,6 \quad P_a: \text{puissance d'animation (outils animé PdF)}$$

#### **Puissance moteur:**

$$P_m = \frac{P_b}{\lambda \cdot \eta_{ps} \cdot \eta_t} + \frac{P_a}{\lambda \cdot \eta_{ta}}$$

$\lambda$  : taux de charge

$\eta_{ps}$  : coefficient du rendement pneu-sol

$\eta_t$  : coeff. du rendement des transmissions de traction

$\eta_{ta}$  : coeff. du rendement des transmissions de la prise de force.

#### **Consommation de carburant et de lubrifiant**

Consommation spécifique (l/kWh)  $C_s = 2,64 \lambda + 3,91 - 0,203 \sqrt[3]{738\lambda + 173}$  (ASAE, 87)

Ou courbe de consommation ou tableau en fonction du taux de charge ci-joint.

Consommation à l'hectare:

$$C_{ha} = C_s \cdot P_m / \text{TE} + C_s \cdot P'_m / \text{TM}$$

$P'_m$ : puissance requise en fourrière

Lubrifiants:

$$\text{CH} = 0,59 P_m + 0,02169$$

CH # 9 % du coût du carburant pour un tracteur conventionnel

13 % du coût de carburant pour un tracteur moderne avec beaucoup d'hydraulique.

## IV. Organisation du chantier

L'objectif de l'organisation du chantier est une meilleure rentabilisation du parc de matériel utilisé et le respect des délais fixés, tout en répondant à la qualité requise.

Pour pouvoir procéder à une meilleure organisation du chantier, certaines pré-conditions devraient être remplies :

- Motivation du personnel
- Bon état du matériel
- Connaissance du rendement du matériel utilisé
- Respect des délais par les tiers (sous-traitants, fournisseurs)
- Bonnes prévisions météorologiques

L'organisation du chantier passe par plusieurs étapes :

1. Connaître la nature du site
2. Identifier les opérations nécessaires pour la réalisation du travail
3. Etablir le calendrier des travaux
4. Déterminer le rendement des engins individuellement
5. Déterminer le rendement par groupe d'engins
6. Identifier les goulots d'étranglement
7. Alléger les goulots par : l'amélioration de l'organisation, l'amélioration des conditions de travail, affectation de nouveaux engins (achat, location, sous-traitance,...)
8. Suivi, évaluation



## V. Dimensionnement d'un parc de matériel agricole

### ***Cheminement de la procédure***

- On part d'une exploitation agricole ou d'une région: identification (SAU, SAU irrigué, bour, grandes cultures, maraîchage, arboriculture, production animale, infrastructure, autres revenus,...)
- L'exploitation ou la région peut être (1) déjà mécanisée ou bien (2) pas encore mécanisée et auquel cas il faut reprendre les choses depuis le début. Dans le cas (1) on cherche à analyser la situation de la mécanisation (a), critiquer cette situation (b) et faire des recommandations de réforme, de réparation, de nouvelles acquisitions en plus du matériel existant. Dans le cas (2) on analyse la situation de l'exploitation pour déduire les besoins et faire des recommandations d'acquisition, de location ou d'introduction.
- Après le dimensionnement du parc, on calcule le coût d'utilisation en fonction des superficies travaillées et on va parfois jusqu'à faire le bilan économique.

*Exercice: partir d'une exploitation donnée (SAU, système de production, itinéraires par culture, calendrier des travaux). Quels sont les besoins en matériel agricole.*

### ***Evaluation approximative:***

- Etablir un tableau donnant pour chaque opération le nombre d'hectares travaillés par an (P).
- S'il y a du matériel dans l'exploitation ou la région, on connaît ses caractéristiques techniques et donc son rendement horaire (A, ha/h).  $P/A$  nous donne le nombre d'heures H qu'il faut pour un matériel pour travailler la superficie S.  $H/h_0$  nous donne le nombre de jours (j) qu'il faut pour que le matériel en question travaille la superficie S.  $h_0$  c'est le nombre d'heures de travail par jour (variable en fonction de la saison 8 à 12h/j on peut prendre une moyenne de 10).
- Par ailleurs, on détermine le nombre de jours disponibles (d) pour effectuer l'opération objet de l'exemple ci-dessus. Ce nombre exclu les jours fériés et les jours de pluies et de difficultés d'accès à la parcelle. On doit tenir compte de la période où l'opération est réalisée.

- $j/d$  donne le nombre d'unités du matériel considéré ( $N$ ) qu'il faut pour assurer le travail dans les délais. Si  $N_0$  est le nombre d'équipements existant,  $N - N_0$  est le nombre d'équipements qu'il faut acquérir ou louer.
- Si l'exploitation ne possède pas d'équipements avant l'élaboration du projet, on cherche les équipements qui ont la capacité la plus grande et qui permettent une meilleure rentabilité (optimisation).

### **Evaluation plus détaillée:**

- Au lieu de raisonner sur la période de toute l'année, on raisonne sur des périodes plus courtes: le mois par exemple.
- A partir du calendrier des travaux on établit un tableau: en lignes on met les opérations par culture et en colonne les mois de la campagne agricole.
- A la dernière colonne de ce tableau, on additionne le nombre d'hectares  $H_{O_i M_j}$  par opération  $O_i$  et par mois  $M_j$ . On identifie le mois où il y a un pic (maximum de superficie).
- Dans un premier temps on essaie de diminuer l'intensité de ce pic en étalant les travaux dans le temps quand c'est possible.
- C'est à partir de ce maximum résiduel qu'on essaie de trouver un équilibre avec le matériel agricole existant ou à acheter. La détermination du parc se fait selon la même procédure qu'en (a).

*Faire attention à un bon dimensionnement: tracteur-outil.*

- Une fois le parc dimensionné, on peut calculer le coût d'utilisation de ce parc. Comment? Voir fiche de calcul du coût.

### **Indicateurs et moyens de référence et de comparaison**

#### **1) Lors de l'analyse de la situation:**

- Essayer de calculer des indicateurs et les comparer à des références.
- Exemple le plus ancien même s'il est trop approximatif: nombre d'ha/tracteur (Au Maroc on se réfère à : 50 ha/tr en irrigué et 100 ha/tr en bour). Au niveau international on se

réfère à la puissance par unité de SAU (0,5CV/ha, référence FAO pour un bon démarrage de la mécanisation : CV/ha, France: Espagne: Tunisie: ).

- Outils d'accompagnement: nombre d'outils/tracteur (au moins 2 outils de travail du sol/tracteur). Diversification des outils, minimum 5 outils par tracteur (à identifier selon le système de production).
- Itinéraire: on relève les opérations motorisées ou à motoriser et ceux à traction animale et celles exécutées manuellement).
- Taux d'utilisation: le volume de travail/ unité de temps. Un tracteur travaillera entre 1000 et 1500h/an. Une charrue fera x ha/an selon climat et nature du sol et systèmes de cultures.

## **2) Lors de l'élaboration d'un projet de mécanisation:**

- Décrire l'exploitation (la SAU, les parcelles (superficie, types de sol et éloignement), assolement, rotation, itinéraires pratiqués, équipements en matériel agricole, infrastructure (routes, pistes, système d'irrigation, électrification,...), main d'œuvre,...).
- Exploiter ces données pour voir le niveau de mécanisation, élaborer des indicateurs et les comparer à des références...
- Analyser les points forts et les points faibles de l'exploitation: sous équipement ou sur équipement ou matériel inadapté...
- Déterminer les besoins sur la base de la situation actuelle (parfois sur la base d'une situation améliorée, introduction de nouvelles machines ou de nouvelles technologies).
- Comparer les besoins à la situation actuelle du parc s'il existe.

## VI. Calcul des coûts

Le coût se décompose en (cf. fiche ci-dessous):

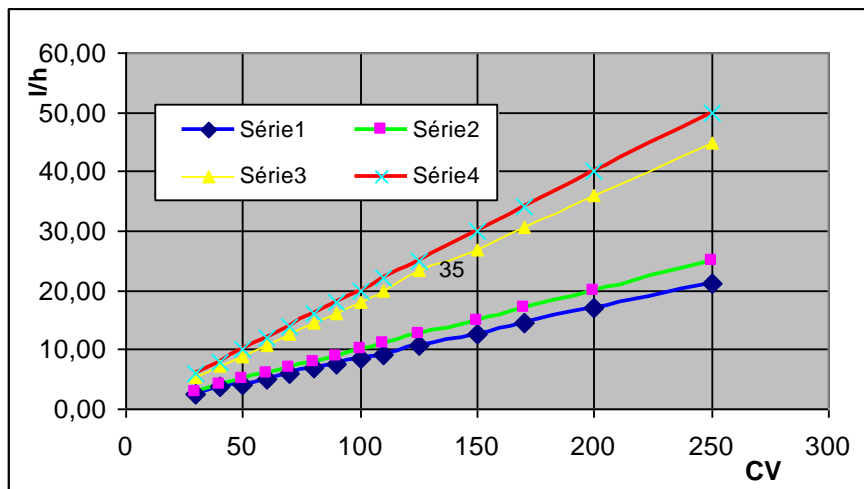
- Frais fixes
- Frais variables conditionnés
- Frais totalement variables

Les frais fixes concernent les frais d'intérêt et les frais généraux. Les frais d'amortissement et les frais de réparation peuvent être variables dans le cas où la durée d'utilisation annuelle est telle qu'on reste en dessous du seuil  $n/N$ . Dans le cas contraire, on dit que le matériel est bien suffisamment utilisé ( $j > n/N$ ) pour que ces frais deviennent fixe (cf. fiche).

Chaque type de frais est rapporté à l'heure (Dh/h), en ne considérant que le volume horaire effectivement affecté à la tâche ou au matériel en question.

Définir pour chaque outil la durée de vie en années, en h et la durée d'utilisation annuelle en h et le coefficient de réparation (cf. méthode plus haut).

Les frais de carburant sont calculés sur la base de la puissance moteur et du taux de charge que le matériel requiert à partir du graphique suivant de la variation de la consommation horaire en fonction de la puissance moteur et du taux de charge (35, 40, 75, 85%) (CEMAGREF, 1980).



Les frais des lubrifiants peuvent être estimés par rapport aux frais de gasoil.

**FICHE DE CALCUL DU COUT DES ENGIN**

Engin : ..... Spécification : ..... Date : .....

DONNEES DE BASE :

Prix d'achat P = .....Dh  
 Durée de vie en temps N = .....année  
 Durée de vie au travail n = .....h  
 Coefficient de réparation r = .....de P  
 Facteur des coûts fixes f = .....de P  
 Seuil de variation de l'amortissement n/N = .....  
 Durée d'utilisation annuelle j = .....h  
 Coût de la main d'œuvre m = .....Dh/h

FRAIS FIXES :

Frais d'intérêt et frais généraux P. f/j = .....Dh/h

FRAIS VARIABLES CONDITIONNES :

**1<sup>er</sup> cas : j > n/N**

P/n = .....Dh/h  
 P.r/n = .....Dh/h

**2<sup>ème</sup> cas : j < n/N**

$\frac{P}{N.j} = \dots\dots\dots Dh/h$   
 $P.r.N.\frac{j}{n^2} = \dots\dots\dots Dh/h$

FRAIS TOTALEMENT VARIABLES :

Frais de carburant, consom. horaire x prix = ..... Dh/h  
 Frais d'entretien et de lubrifiants ( % de f.carb) = .....Dh/h  
 Frais de main d'œuvre = ..... Dh/h

**TOTAL = ..... Dh/h**