

# Modèles de simulation « Jours Disponibles » : état des lieux et attentes des agriculteurs et conseillers



Mémoire de master 2 réalisé par Syrine Ben Romdhane, encadré par Pascale Métails (ARVALIS Institut du végétal) et Jean Roger-Estrade (Agro Paris Tech) et financé par le GIS GC HP2E.

## Contexte

Le tassement est un processus majeur de dégradation des sols, qui concernait, en 1995, 33 millions d'hectares en Europe (*Van Ouwerkerk et Soane, 1995*). Plusieurs éléments laissent à penser que ce problème, loin de s'améliorer, tendrait au contraire à s'accroître. En effet, l'accroissement de la taille des exploitations agricoles et de la surface travaillée par actif agricole conduit à l'utilisation de machines de plus en plus puissantes et lourdes, dans des conditions d'humidité du sol parfois excessives, qui créent donc des tassements sévères. En parallèle, la simplification du travail du sol limite les possibilités de corriger ces derniers par un travail du sol profond et accentue la nécessité d'éviter le tassement en amont. Dans ce contexte, il apparaît de plus en plus important de prévoir les risques de tassement et d'être capable d'estimer le nombre de jours disponibles pour intervenir dans les parcelles sans risque de tassement sévère. Afin de savoir s'il est nécessaire de concevoir des outils permettant de réaliser ces calculs, un mémoire de fin d'études a été financé par le GIS GC HP2E. L'objectif de ce mémoire était de répondre à deux questions principales :

- Est-ce qu'il existe des outils qui permettent de prévoir les tassements et/ou de calculer le nombre de jours disponibles pour intervenir dans les parcelles sans risques de tassement ; quels sont les intérêts et limites de ces outils ?
- Quels sont les besoins et les attentes de la profession en matière d'outil de calcul des jours disponibles et d'évaluation des risques de tassements ?

## Méthodes

- 1 — Bibliographie nationale et internationale ;
- 2 — rencontre d'experts pour compléter les connaissances bibliographiques sur les modèles retenus ;
- 3 — enquêtes auprès de conseillers pour identifier leurs attentes et besoins. Les enquêtes, de type semi-directif, ont été menées auprès de 11 conseillers et experts, répartis dans les régions Ile de France (4), Picardie (3), Centre, Bretagne, Poitou-Charentes et Midi-Pyrénées (1). Il s'agit principalement d'ingénieurs des instituts techniques (5) et des chambres d'agriculture (4), mais aussi un expert de l'INRA et un expert appartenant à une association de développement agricole.



# Inventaire des modèles existants

modèle	Type modèle	Objectif	Principe	Variables d'entrée	Sorties modèle	accessibilité
<b>J.Dispo</b> ARVALIS	Empirique ; basé sur observations de terrain.	nb de jours conseillés, à risque, ou déconseillés sur une période ; <b>Domaine application</b> : sols agricoles français, toute opération en GC	Simulation humidité journalière du sol couche arable (0-10 cm et >10 cm). Comparaison humidités simulées à des humidités seuils (issues d'expérimentations ou à dire d'expert) + éléments liés à l'efficacité de l'opération.	<b>Méteo</b> : P, T, ETP ; <b>Sol</b> : % argile, % cailloux, stabilité structurale, coefficient drainage, profondeur enracinement (cm) ; <b>Agro</b> : succession cultures	Bilan hydrique. disponibilité des jours étudiés + raisons expliquant un j. non dispo	non accessible en ligne ; Fastidieux mais pratique pour le calcul fréquentiel (20 ans)
<b>Terranimo (Light)</b> Keller, Lamandé, Schjønnning	Empirique ; expé. roullages (contrainte) + mesures oedométriques (résistance)	prévention des dommages sur structure du sol en indiquant les conditions avec risque élevé compactage ; <b>Domaine application</b> : sols suisses et danois (<18% argile)	<b>calcul contrainte</b> : fonction de pédotransfert : contrainte = f(charge roue, pression gonflage) ; <b>calcul résistance sol</b> = f(humidité sol, %argile, force de succion). Comparaison contraintes / résistance à <b>35 cm de profondeur</b> : i) contrainte < 50 % résistance sol : aucun risque ; ii) contrainte > 110 % résistance sol : danger	<b>Matériel</b> : charge de la roue, pression de gonflage ; <b>Sol</b> : humidité (potentiel matriciel), % argile	Diagramme décisionnel. Contrainte sur le sol + Résistance du sol.	Accessible en ligne ; Facile et rapide ; Simule un seul jour
<b>Terranimo (Expert)</b> Keller, Lamandé, Schjønnning	Semi-analytique ; idem précédent + modèles condales contrainte : Bousinesq, Frölich Söhne	Idem précédent.	<b>calcul résistance sol</b> : idem ; contraintes par <b>simulation de surface de contact pneu/sol</b> (modèle FRIDA) + modèles analytiques de distribution contrainte = <b>risque de tassement dans tout le début de profil.</b>	<b>Matériel</b> : charge de roue, pression de gonflage, description pneumatique (largeur, diamètre, pression recommandée) ; <b>Sol</b> : humidité, % argile	Idem précédent + Graphique estimation risques tassement sur 0-35 cm	Accessible en ligne ; Facile et rapide ; Simule un seul jour
<b>Perfbet</b> ITB, FNCU-MA, FNEDT, IRSTEA	Empirique	Faisabilité d'un plan de charge (mise en relation d'un planning de travail avec un risque climatique) ; <b>Domaine application</b> : outil spécifique récolte betterave	3 modules indépendants : i) <b>Choix machine</b> (contient caractéristiques principales des machines du marché) ; ii) <b>Calcul coûts de chantier</b> ; iii) <b>Faisabilité du plan de charge</b> : optimiser plan de charge = f(chantier de récolte, risques climatiques, type de sol).	<b>Exploitation</b> : type de chantier, plan de charge (ha), débit de chantier ha/h, nb heures de travail par jour ; <b>Méteo</b> : sélection station ; <b>Sol</b> : sélection type de sol	Répartition jours de récolte suivant conditions ; plan de charge suivant conditions de récolte ; Risques années humides	Accessible en ligne ; Facile à utiliser avec peu de données (valeurs par défaut issues d'enquêtes)
<b>COMPOIL</b> Environnemental Division SAC, O'Sullivan van	Semi-analytique ; Boussinesq (1885)	Déterminer masse volumique du sol ( $\rho_{sol}$ ) après passage d'un engin agricole ; <b>Domaine application</b> : limon sableux / limon argileux, sol avec 1 seul horizon	Modèle mono-dimensionnel, simule $\rho_{sol}$ au centre du passage de roue : i) Simulation surface de contact sol-pneu + forces appliquées par la machine sur cette surface ; ii) méthode analytique : estimation propagation des forces en profondeur ; iii) choix de paramètres sol : description de l'effet des forces sur volume de sol	<b>Matériel</b> : charge pneu, diamètre et largeur du pneu, pression de gonflage ; <b>Sol</b> : type de sol, Da initiale, teneur en eau du sol	Masse volumique du sol après passage d'engins	Difficilement accessible ; Facilité d'utilisation (Excel + VBA)

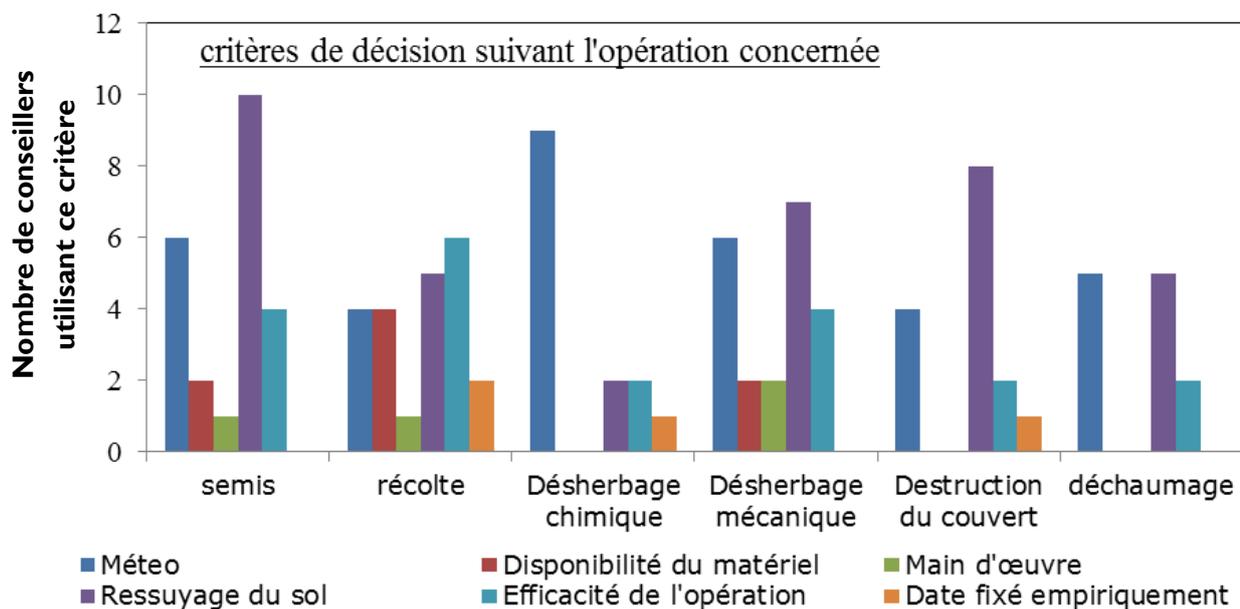
**Tableau 1 : Principaux modèles identifiés et leurs caractéristiques (Compoil et Terranimo Expert sont des ajouts postérieurs au stage ; TEC, identifié par S. Ben Romdhane n'a pas été présenté ici).**

## Utilisation actuelle du concept de jour disponible

Le concept de jour disponible est défini de deux façons bien distinctes par les conseillers rencontrés. Pour la majorité d'entre eux ce concept renvoie à la fois à la réussite de l'opération culturale et à la prévention du tassement ; ils définissent donc les jours disponibles comme étant les jours où il est possible de réaliser une opération dans de bonnes conditions. Les autres relient la notion de jour disponible au

risque de tassement uniquement et définissent donc un jour disponible comme un jour où il est possible de rentrer sur la parcelle sans créer de tassement.

Suivant les opérations culturales, les critères utilisés pour conseiller quand intervenir varient (figure 1) : le ressuyage du sol est le principal critère pour la majorité des opérations sauf pour le désherbage chimique (météo) et la récolte (efficacité de l'opération).



**Figure 1 : Critère pris en compte pour conseiller quand intervenir dans les parcelles, en fonction des opérations culturales**

Les conseillers ont cité trois méthodes principales pour juger si une opération provoque ou non un tassement du sol :

- **Par anticipation et simulation** : utiliser un modèle de risque de tassement (e.g. Terranimo) ;

- **lors de l'intervention** : en fonction de l'outil utilisé et de l'humidité du sol, on peut estimer s'il y a un risque de tassement ;

- **après l'intervention** : l'observation du sol et/ou des cultures permet de savoir s'il y a effectivement eu un tassement ou non.

## Utilisation actuelle des modèles de calcul des jours disponibles

Sur les 11 conseillers enquêtés, seuls deux utilisent un outil de calcul des jours disponibles, J-Dispo, et soulignent le manque de convivialité et de diffusion de cet outil.

Trois autres utilisent des outils permettant de s'en approcher : soit un bilan hydrique (IRRIBET) en fonction de la réserve utile du sol et de la pluviométrie, soit un modèle permettant d'estimer les risques de

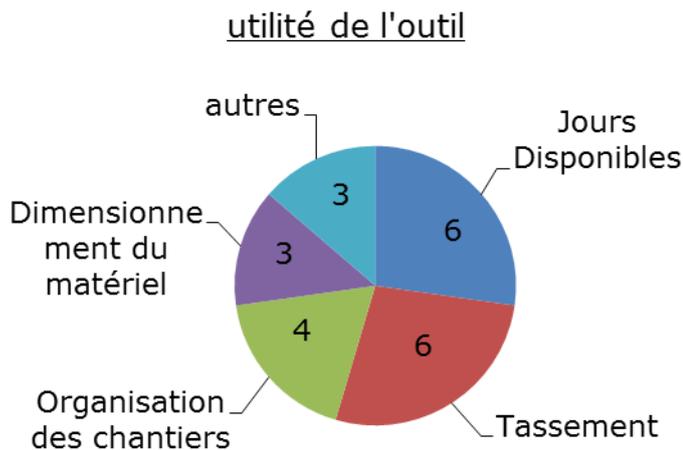
tassement, Terranimo. Cet outil ne dispose pas d'un bilan hydrique, ce qui oblige ses utilisateurs à mesurer l'humidité du sol pour approcher la notion de jour disponible.

Enfin, trois conseillers apprécient les jours disponibles par expertise, deux en fonction de la météo et un ne cherche pas à les quantifier ou à anticiper.

## Attentes et besoins de la profession

Les attentes exprimées par les conseillers sont résumées dans la figure 2. De manière générale, le calcul des jours disponibles et des risques de tassement leur semble important, mais ils demandent à ce que l'outil aille plus loin : aider à organiser les chantiers ou à dimensionner le matériel, à évaluer la faisabilité d'une opération (évolution des pratiques culturelles).

Pour les conseillers qui utilisent déjà des outils ou des modèles, la manière dont ils expriment leur besoin est liée à l'outil qu'ils utilisent actuellement (Tableau 2). Les utilisateurs de J-Dispo souhaitent avoir un retour sur le risque de tassement (donnée quantitative qui compléterait la disponibilité ou non du jour). A l'inverse, les utilisateurs de Terranimo ont besoin d'un modèle hydrique qui puisse être intégré à Terranimo.



Utilisation actuelle	Besoins
<b>J-Dispo</b> (calcul des jours disponibles)	Outil de calcul des jours disponibles avec un retour sur le risque de tassement
<b>IRRIBET</b> (bilan Hydrique)	Jours disponibles (efficacité) et tassement
<b>Terranimo</b> (modèle de tassement)	Modèle hydrique pour le calcul des tassements et jours disponibles

**Tableau 2 : lien entre l'outil utilisé par le conseiller et ses besoins.**

**Figure 2 : Eléments pour lesquels les conseillers souhaiteraient pouvoir s'appuyer sur un outil.**

Enfin, l'enquête souligne qu'il est surtout nécessaire de développer un outil destiné à un usage stratégique, par le conseiller ou l'agriculteur accompagné du conseiller. Un outil tactique pour signaler à l'agriculteur quand intervenir peut être utile afin d'optimiser l'efficacité de certaines opérations très dépendantes des conditions météo (pulvérisation, fertilisation) mais pas vraiment dans un objectif de préservation du sol.

## Perspectives

Suite à ce stage, il apparaît clairement qu'il est nécessaire de travailler cette thématique pour développer un outil qui réponde aux attentes. Les différents outils existants (J-Dispo, Teranimo, Perfbet, etc.) présentent chacun des intérêts spécifiques qu'il pourrait être intéressant de combiner. En effet, les modèles hydriques de J-DISPO et IRRIBET pourraient venir renforcer l'intérêt de Terranimo. En retour, le risque de tassement

prévu par Terranimo pourrait compléter les informations sur les jours disponibles donnés par J-DISPO. Le groupe Sol du GIS GC HP2E est donc en train de monter un projet dans l'objectif de construire un outil intégrant modèle hydrique, prévision des tassements et de calcul des jours disponibles, en prenant en compte la réussite des opérations culturales.

## Bibliographie

**Van Ouwerkerk C., Soane B. (1995).** Soil compaction and the environment. *Special issue, Soil and Tillage Research*, 35, 1-113.