



OUTILS POUR UNE GESTION
RÉSILIENTE DES ESPACES NATURELS

Tiré à part de la revue **Forêt.Nature**

La reproduction ou la mise en ligne totale ou partielle des textes
et des illustrations est soumise à l'autorisation de la rédaction

foretnature.be

Rédaction : Rue de la Plaine 9, B-6900 Marche. info@foretnature.be. T +32 (0)84 22 35 70

Abonnement à la revue Forêt.Nature :
librairie.foretnature.be

Abonnez-vous gratuitement à Forêt.Mail et Forest.News :
foretnature.be

Retrouvez les anciens articles de la revue
et d'autres ressources : **foretnature.be**

LES ENGINS EN FORÊT

**Peuvent-ils
être compatibles
avec la
préservation de
l'environnement
?**



**par le
professeur
P.F.J. ABEELS**

Une forêt et, plus près, un peuplement forestier offrent une image pérenne qui charme la vue de l'observateur. Même les terres spontanément et naturellement colonisées par des essences forestières doivent faire l'objet d'entretiens et d'exploitations si on veut répondre à ces impératifs pérennes qui font le paysage et satisfont le public en général. Une forêt chaotique où broussailles et chablis s'enchevêtrent n'est pas un modèle très apprécié même si des séries artistiques ou des portions de nature particulièrement sauvages et rébarbatives peuvent être réservées.

Que ce soit en tant que ressource en bois divers qui iront satisfaire des activités artisanales et industrielles ou en tant que réserve de biomasse pour des utilisations dans un contexte d'utilisation d'une énergie renouvelable, la forêt s'aménage et se gère par des travaux, des coupes, des améliorations foncières, toutes formes d'interventions pour lesquelles il faut recourir à des machines dotées d'outils divers. Il est difficilement imaginable qu'un travailleur puisse encore actuellement exécuter des tâches sans être doté des équipements nécessaires. Il y va de sa productivité et donc de son salaire mais surtout de la possibilité ergonomique d'exécuter une tâche, souvent pénible sinon risquée dans certaines circonstances, au mieux des aptitudes qu'offre le corps humain.

L'abattage s'est pratiqué à la cognée et à la hache; l'ébranchage nécessitait la hache ou la hachette; le pelage des bois se faisait à la rasette. Le bûcheron se déplaçait à pied. Le débusquage s'obtenait au cheval et lorsque le bois était gros et lourd, il était fait usage du triqueballe. Ce n'était certainement pas une sinécure de retirer les produits de la forêt.

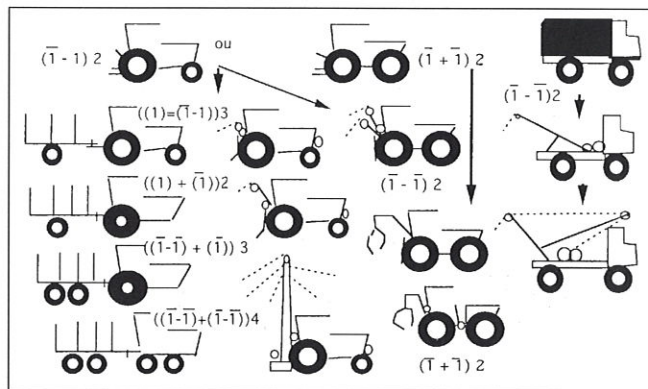
La mécanisation s'est attaquée progressivement à toutes les opérations et les engins simples ou ceux remplissant des fonctions de plus en plus complexes ont fait leur apparition progressive. Certes la plupart des équipements se sont développés là où les structures forestières et où les règles de sylviculture étaient orientées par les processus industriels de transformation et les machines ou outils qu'ils utilisaient. En mécanisation forestière comme en agriculture l'outil doit se rendre au «matériau» à travailler ou usiner, l'arbre.

Seuls les progrès technologiques comme l'hydrau-

lique technique, l'asservissement électrique ou électronique ont permis maintenant d'adapter les machines à l'homme. Les commandes, le confort, l'éclairage ont fait du bûcheron un opérateur qualifié.

Cependant la généralisation des pénétrations des équipements en forêts a fait naître certaines remarques d'abord, certaines critiques ensuite. Aussi il sera fait état et expliqué ce qui retient l'attention depuis une décennie en matière d'opérations mécanisées en forêts. Notamment, le Comité Conjoint sur les Opérations Forestières, la Gestion et la Formation Professionnelle (FAO/ECE/ILO) s'est penché sur les aspects de la relation entre mécanisation et environnement. Les réunions de Louvain la Neuve (1989), de Munich (1990) tout comme les groupes de spécialistes rassemblés en séminaires à Hillerød (DK, 1993), à Feldafing (D, 1994, *Forsitrisk*), Randers (DK, 1994) et les organisations comme le Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik (D), le Council on Forest Engineering (USA) et nombre d'autres se sont préoccupées et poursuivent leurs travaux pour susciter des améliorations techniques et technologiques aux équipements.

L'élément de base aux prestations mécanisées en forêt est dérivé du tracteur agricole depuis les années 1958-1965.



**L'équipement de base pour les opérations d'exploitation forestière.
Evolutions parallèles à partir du tracteur agricole ou d'un camion.**

Des adaptations successives ont transformé le tracteur agricole et, partiellement, le camion surtout issu de la récupération du matériel militaire, en débusqueur, débardeur, approvisionneur ou porteur puis en proces-



seur ou façonneur et abatteur, abatteur-ébrancheur, abatteur-ébrancheur-tronçonneur, etc.

La disponibilité d'un tracteur permettait par ailleurs de développer un téléphérage léger ou de taille moyenne qui place un pylône sur l'ensemble ou bien en annexe directe et qui actionne des treuils de halage et pêche.

Dès lors que les équipements entrent dans les peuplements et évoluent en général sur sols meubles, les constats de dommages font état de très nombreux aspects parfois différents mais aux conséquences préjudiciables pour les arbres et pour le milieu forestier au minimum. Les dommages à la végétation se traduisent par des effets sur la croissance, sur la qualité des bois, sur la diversité dans la végétation.

Quels sont les dommages directement visibles et relevés à la suite du trafic en forêts?

L'écorce des troncs peut être arrachée par portions ou en totalité par suite du choc et du frottement d'un élément du véhicule en raison des conditions d'évolution qui font osciller le bâti et donc les superstructures comme les cabines, grues (poteau, flèche, bras, grappin ou tête porte-outil), ranchers et charge-ments. L'accrochage du tronc de l'arbre se traduit par une blessure du cambium, élément vital de la croissance et de l'état sanitaire. Les jeunes arbres sont tordus, renversés et brisés. En regardant au sol, on peut constater que des racines sont écorchées, déchirées et cisailées. Les dimensions des dommages ont fait distinguer entre superficie blessée, portion de la circonférence atteinte et profondeur de la blessure. Les classes de superficie endommagées sont :

- classe 1 = moins de 16 cm²
- classe 2 = 17 à 100 cm²
- classe 3 = 101 à 200 cm²
- classe 4 = plus de 201 cm²

Les catégories distinguées quant à la portion de circonférence atteinte sont précisées à partir du diamètre à hauteur d'homme (dbh):

- classe 1 = moins de 1/8 du dbh
- classe 2 = de 1/8 à 1/4 du dbh
- classe 3 = plus de 1/4 du dbh

La profondeur atteinte par une plaie dans le bois est considérée comme ayant plus un aspect scientifique que pratique. Lorsque le dommage est provoqué, les altérations du bois, telles les colorations, et les infestations

possibles sont de toutes manières préjudiciables pour la valeur d'avenir de l'arbre.

La localisation du dommage sur l'arbre importe grandement. Ainsi il est distingué entre blessures aux racines de plus de 20 mm de diamètre et à moins de 70 cm du tronc ou sur la portion de souche que réservera l'abattage, dégâts commis sur la culée jusqu'à une hauteur de 50 cm et, enfin, ceux au reste du tronc. De tels dommages résultent du passage du véhicule, du travail



au câble de halage, de la traînée des arbres, du façonnage des bois par les processeurs ou par les têtes d'usinage et de nombre d'autres causes encore.

Des perturbations, altérations et changements aux sols en général peuvent être reconnus visuellement. Cependant il faut en relever d'autres, indirects et non visibles en surface et ils sont ou peuvent être très préjudiciables pour le milieu sol jusqu'à grande profondeur. Les déplacements de sols remarqués en surface du parterre de la forêt sont à l'origine d'une réduction de l'infiltration des eaux et du drainage superficiel naturel. Toute interruption dans la continuité de la porosité compromet la capillarité et modifie l'hétérogénéité du milieu.

L'érosion de surface se constate en raison d'une stratification des petites particules ou d'une dislocation de la matière organique superficielle. Le ruissellement augmente au détriment de l'infiltration. Portée à son extrême cela entraîne des perturbations dans le mini-écosystème en place pour aboutir à une destruction de la flore comme de la faune avec même des conséquences pour les poissons en ruisseaux et rivières.

Les enfoncements avec tassements et même compactages par suite de l'écrasement de lits, horizons ou

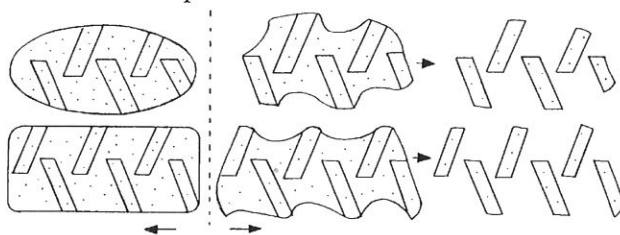
couches du profil du sol font augmenter la densité apparente et diminuent la porosité.

Cela entraîne bien évidemment une réduction des échanges gazeux comme aussi de l'infiltration avec en conséquence une modification significative de la pression osmotique régnant dans le milieu. Par ailleurs, l'augmentation de la compacité du sol peut atteindre une valeur telle qu'elle devient un obstacle à la croissance des racines et radicelles.

Le compactage des sols par les engins est une observation déjà ancienne pour le monde agricole. Ici toutefois, bon nombre de ses conséquences sont apparemment le plus souvent résolues par les travaux annuels du sol comme les labours voire le sous-solage et par les façons culturales saisonnières. En forêts il n'en va pas de même et le milieu meuble demeure intouché et doit être protégé surtout contre les altérations profondes. Il convient donc de s'y attarder.

Un caractère commun à pratiquement tous les engins utilisés en opérations forestières est d'évoluer sur roues en forêts. Les essieux reçoivent des voiles qui portent les jantes et les bandages pneumatiques. Ils sont généralement issus, eux aussi, de ce qui est proposé pour l'agriculture quand ce ne sont pas les mêmes modèles. A l'interface entre le véhicule et le sol on trouve donc un seul élément déformable et relativement élastique, le pneu. Celui-ci est chargé par la masse de l'engin et par les transferts provenant des conditions de travail. Il agit sur le sol en compression. La surface de contact à considérer pour répartir les charges est donc très importante. Elle doit être relevée sur sols meubles et non sur sols durs comme c'est généralement le cas car un équilibre intervient entre les déformations de l'enveloppe pneu et du volume de sol sous jacent.

Des pressions verticales se distribuent sur ce qu'il est convenu de désigner par surface réelle d'une part et, effective d'autre part.



Les surfaces de contact établies ou relevées sur empreintes pour deux types de pneus.

A gauche : formes théoriques, idéalisées.

A droite : aires réelles et effectives

La superficie réelle correspond à la trace de l'empreinte du pneu sur le sol en un seul endroit de l'ornièrre laissée par l'engin. Le périmètre est irrégulier et les parties saillantes s'impriment de manière variable dans le sol. La surface développée est légèrement biconcave car elle se note tant suivant l'équateur ou longueur de l'empreinte du pneu que transversalement à celui-ci. La surface effective, elle, ne retient que les portions marquées et imprimées plus profondément par les barrettes sur l'ensemble de l'aire de contact. Ce sont elles qui poinçonnent très significativement le sol verticalement. Elle précisent aussi les parties du massif qui sont en contact avec les faces d'attaque des barrettes ancrées dans le sol meuble comprimé par la charge verticale et qui vont pouvoir résister au couple moteur appliqué aux roues pour le transformer en avancement

et donc tractage, c'est à dire traction ou poussée. La combinaison d'un effort vertical de charge et d'une force tangentielle à la surface du sol sont indispensables pour la propulsion d'un engin.

Il est alors distingué entre simple roulage et opération en tractage. Tout roulement implique une combinaison appropriée entre masse de chargement et effort à appliquer à la roue.

Toutefois, et la remarque est de grande importance, tout sol ne tolère que certaines contraintes car en raison de ses conditions d'état il peut en découler des modifications irréversibles ou tout au moins contraires à la biologie vu qu'il peut survenir une consolidation partielle ou totale.

L'exemple suivant illustre ce propos de dommage au sol. Un pneu classique 16,9-34 gonflé à 80 kPa (0,8 kg/cm²) pour évoluer sur terres meubles fournit les données énumérées ci-après:

◆ **sur support rigide :**

charge, kg :	nombre de barrettes impliquées :	surface théorique, cm ² :	surface réelle et effective, cm ² :	pression moyenne kPa :	pression effective kPa :
1010	4	943	218	107	463
1720	6	1598	316	108	544
2400	6	1937	428	124	561

◆ **sur sol meuble :**

		surface réelle, cm ² :	surface effective, cm ² :		
1010	8	3233	700	31	144
1720	8	3532	760	49	226
2400	8	3770	844	64	284

Le même pneu gonflé à 130 kPa (1,3 kg/cm²) fait relever des valeurs comme ce qui suit:

◆ **sur support rigide :**

charge, kg :	nombre de barrettes impliquées :	surface théorique, cm ² :	surface effective, cm ² :	pression moyenne kPa :	pression effective kPa :
1010	8	862	182	117	555
1720	8	1297	275	133	625
2400	8	1917	374	125	642

◆ **sur sol meuble :**

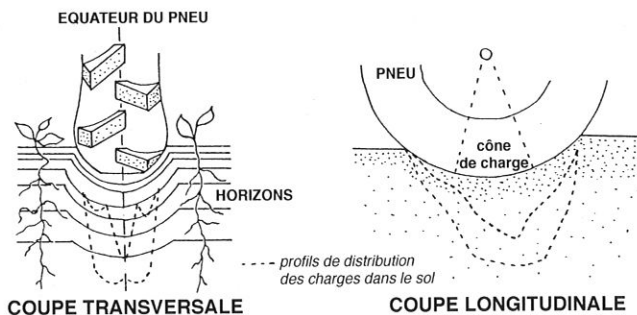
		surface réelle, cm ² :	surface effective, cm ² :		
1010	8	3193	700	32	144
1720	8	3333	720	52	239
2400	8	3544	792	68	303

Semblables résultats se retrouvent pour d'autres pressions de gonflage tout en soulignant cependant qu'au plus cette dernière est élevée plus celles sur le support sont fortes. Le tableau précédent fait apparaître que, si le pneu s'avère tolérable en raison de sa surface de contact entière c'est à dire théorique ou réelle selon les conditions, par contre les pressions effectives sont toujours beaucoup trop élevées. Celles-ci interviennent dans le poinçonnement du sol qui peut se répercuter très loin en profondeur. Même en pondérant les valeurs en raison des différences d'enfoncement, les charges exercées sur le milieu meuble demeurent trop importantes.

En effet, l'explication donnée ci-dessus ne retient qu'un chargement statique et non dynamique comme c'est le cas en mouvement et suppose aussi que la charge appliquée sur le pneu se répartit harmonieusement sur l'ensemble de la surface du contact. Il n'en va pas ainsi en réalité car les propriétés données à l'enveloppe

au cours de sa manufacture et la manière dont la roue est chargée influencent la distribution/transfert des charges venant du véhicule sur la surface de contact.

Il convient de retenir qu'une forme de cône de charge apparaît sous le moyeu de roue, ce qui fait que beaucoup plus de charge s'applique sur une faible zone centrale à l'aplomb du moyeu. Seule celle-là intervient activement pour l'enfoncement, le tassement et le compactage.



Zones de charge et de poinçonnement principaux par les pneus

De la sorte peut aussi s'expliquer le fait que certains pneus puissent arracher superficiellement le sol (scalpage de la couverture végétale, accrochage des racines et radicelles,...) dès l'extrémité de l'aire de contact car peu de charge s'y applique alors que le couple de rotation de la roue y agit fortement.

Les conséquences de ces actions mécaniques répétées et amplifiées dans la formation des ornières et par les passages réitérés des véhicules se reconnaissent dans le lessivage des éléments nutritifs du profil avec pertes de composés gazeux ou solubles. Cela entraîne des modifications d'équilibres, des mobilisations localisées ou la destruction de composés chimiques complexes qui se constatent ultérieurement dans les modifications de la composition floristique et de la micro-faune.

Une conséquence spécifique des changements induits dans les sols se reconnaît dans la perte de stabilité verticale des arbres et dans l'augmentation de leur faiblesse physiologique suite au ralentissement de l'activité interne.

La chimie comme la biochimie du sol nécessitent de plus amples investigations car les changements d'acidité, l'augmentation de la toxicité et l'immobilisation des nutriments dans le milieu sont des accélérateurs ou des facteurs adverses aux relations encore peu connues.

Ici il faut souligner et insister sur les incidences plausibles, car non encore complètement mesurées, des pertes de fluides divers tels les lubrifiants, les carburants, les réfrigérants ou les huiles hydrauliques. Ils proviennent des moteurs, des transmissions lors d'interventions mécaniques, de ruptures de conduite, de bris de carter, etc. Si ces pertes peuvent être des accidents, il n'empêche qu'il convient de les éviter.

Certaines enquêtes font apparaître que les fuites et pertes d'huiles sur terres meubles tournent autour de 4 à 17,66 litres par 100 heures de travail machine. Il faut encore ajouter à cela tous les ruissellements routiers avoisinant les terres et ce qui provient de fossés ou d'égouttages ruraux. En 1970, un manuel forestier illustre déjà le fait d'une contamination en soulignant qu'un litre d'huile abandonnée sur le sol peut contaminer jusqu'à un million de litres de bonne eau des lacs ou

du sol. Une vaporisation d'huile hydraulique par un raccord, un écoulement par un joint, un mauvais remplissage de réservoir rejettent certaines quantités ou diffusent un film qui peut s'appliquer sur les parties aériennes du végétal et tout aussi bien se coller en surface des particules qui forment les lits ou horizons du sol pour en modifier tout au moins les propriétés de surface. Que deviennent les échanges vitaux dans ces cas?

Les interventions de restauration des milieux et des sols, tant pour les reboisements artificiels que naturels, sont encore tâtonnantes. L'évidence visuelle des perturbations du sol, des compactages superficiels ou des dislocations de la couverture végétale interpelle les forestiers. Les zones déprimées par le passage des engins, le scarifiage des matières organiques, la mise à nu des couches minérales du profil, les ornières profondes, les souches et bois et racines abandonnées, les portions de peuplement affaiblies ou déstabilisées sont inquiétantes et il faut trouver à y remédier.

QUELLES SONT LES MESURES ENVISAGEABLES ?

A court terme, c'est à dire endéans les 3 à 4 années, il convient de supprimer les trafics non essentiels aux opérations forestières et s'attacher à mettre en place des formations et des exercices professionnels de conduite des opérations. Ce sera une période intéressante aussi pour former le public qui désire connaître la forêt et ses charmes sans les altérer, sans les compromettre dans le temps. A moyen et long terme, des actions de recherches directionnelles, coordonnées entre spécialités, sont à installer en vue de l'édiction de règles et/ou de recommandations utiles pour la gestion de l'espace forestier. Les pays européens habitués à organiser la formation et le training professionnel y réussissent déjà et d'autres comme le Canada y sont déjà très attachés. Enfin, il faut promouvoir le développement de l'initiative en matière de construction d'équipements forestiers. Ici l'attention se porte d'une part, sur la masse et le gabarit des engins en relation avec les opérations auxquelles ils sont destinés.

D'autre part la technologie des organes de roulage et les transferts de charge en opération seront approfondis. Enfin, la fiabilité des conduites de fluides et joints sera améliorée sans discontinuer. Restent alors l'usage que l'on fait des engins; c'est ici que joue la formation et la discipline professionnelles.

S'il n'y a de leçon à recevoir de personne on ne peut croire à une amélioration progressive. Une responsabilisation doit être admise et comprise. A moyen et long terme, il faut que l'économie forestière puisse faire admettre ces contraintes de réponse à l'environnement au même titre que ce qui est demandé à l'agriculture, à l'horticulture, à l'aquaculture ou à l'aquaculture et à l'industrie. L'ensemble fait partie des plans de gestion des ressources naturelles, cet héritage à laisser aux générations à venir. ■

P.F.J. ABEELS

PROFESSEUR

FACULTÉ DES SCIENCES AGRONOMIQUES

UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN

UNITÉ DE GÉNIE RURAL

GÉNIE FORESTIER