

Interreg 
EUROPEAN UNION

Grande Région | Großregion

Regiowood II

Fonds européen de développement régional | Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

Adapter la conduite des régénérations pour une forêt plus résiliente

Guide pour optimiser les régénérations forestières

Outils de diagnostic
Itinéraires sylvicoles
Fiches techniques



Un projet européen INTERREG VA pour les forêts de la grande Région.

Regiowood II est une initiative transfrontalière qui rassemble une dizaine de partenaires belges, français, allemands et luxembourgeois et qui a pour but de répondre aux enjeux forestiers actuels en renforçant la gestion durable des forêts privées au profit de la Grande Région et de son patrimoine naturel.

Face aux déficits, échecs et difficultés du rajeunissement des forêts de la Grande Région, des spécialistes du diagnostic stationnel, de la plantation, de la régénération naturelle et de la conduite des jeunes peuplements unissent leurs compétences avec plusieurs objectifs :

- Echanger et diffuser leurs connaissances et acquis sur le terrain
- Proposer des outils de diagnostic pour mieux raisonner la faisabilité des régénérations naturelles ou artificielles
- Formuler des itinéraires innovants améliorant à moindre coût le sauvetage des semis naturels et la reprise des plantations
- Mobiliser des techniques adaptées pour mieux maîtriser les végétations concurrentes
- Tester des méthodes novatrices d'enrichissement des peuplements
- Formuler des consignes claires pour les donneurs d'ordres et les gestionnaires
- Informer et former les acteurs concernés

Rédaction

Outil de diagnostic REGE

Corentin COOLS (UCLouvain)

Camille DUMONT DE CHASSART (UCLouvain)

Quentin PONETTE (UCLouvain)

Itinéraires de régénération et Fiches techniques REGE

Grégory TIMAL (CDAF asbl)

Nathalie PECLERS (CDAF asbl)

Annick GEUSE (CDAF asbl)

Pascal BALLEUX (CDAF asbl)

Responsables de projet

Pr. Quentin PONETTE (Professeur, UCLouvain)

Dr. Ir. Pascal BALLEUX (Directeur, CDAF asbl)

Illustrations et mise en page

Jean-Yves LAMBERT (CDAF asbl)

Relecture et Correction

Catherine COLLET (INRAE), Florian VAST (INRAE), Alexandre FRAUENFELDER (INRAE), Christophe VIDAL (CNPFF/IDF), Stéphane ASAEL (CRPF Grand Est), Kevin GIROT (Fibois Grand Est), Yves PIROTHON (Pépinière Pirothon SA), Simon LINARD (Pépinière ArboPlants), Gauthier GAILLY (Pépinière Gailly Jourdan), Claude BECKER (concepteur de matériel forestier) et Monique PIERARD (CDAF asbl).

Préambule	1
Présentation des guides à la régénération	2
Outil de diagnostic REGE	6
<i>PARTIE I : Déterminer la situation de départ de votre parcelle</i>	<i>6</i>
1. Contexte et prise en main de l'outil	7
2. Déterminer sa situation de départ	8
<i>PARTIE II : Boîte à outils</i>	<i>21</i>
Itinéraires sylvicoles	45
<i>Mode d'emploi - Aide à la compréhension des itinéraires sylvicoles REGE</i>	<i>45</i>
REGE n°1 : Renouveau artificiel sous couvert en traitement irrégulier	54
REGE n°2 : Plantation après coupe rase	66
REGE n°3 : Régénération naturelle des futaies régulières et irrégulières	82
REGE n°4 : Régénération naturelle enrichie en traitement régulier	91
REGE n°5 : Rattrapage d'une plantation par une régénération naturelle d'opportunité	99
Fiche technique	104
<i>Mode d'emploi - Aide à la compréhension des fiches techniques REGE</i>	<i>104</i>
1. Le broyage	114
2. L'andainage	123
3. Le sous-solage	131
4. Le traitement des souches	142
5. La gestion de la végétation d'accompagnement : préparation de terrain et entretien des régénérations	151
6. Le travail du sol	186
7. Les protections contre le gibier	201

Préambule

Aujourd'hui, plus que jamais, la forêt est sollicitée par tous. Le monde l'entend capable de répondre aux enjeux du réchauffement climatique, en particulier pour sa capacité à capturer le CO₂. Depuis plusieurs années, le bois est entré dans la course aux matériaux de construction économes en énergie, durables et renouvelables. En effet, les maisons ossature bois ont un succès grandissant. La lignine intéresse également de plus en plus de chercheurs capables de la transformer en biocarburant par exemple. Et dernièrement, la crise du Covid-19 a démontré le besoin de chacun de pouvoir se promener en forêt. Dès lors, l'importance des forêts apparaît essentielle et leur renouvellement s'impose pour garantir la pérennité de leurs fonctions et leurs productions.

Cependant, à la suite des changements climatiques et globaux, les forêts fragilisées sont de plus en plus vulnérables : tempêtes, sécheresses, bio-agresseurs, pression du gibier, aléas socio-économiques sont autant de perturbations que doivent affronter la forêt et la filière-bois. La conséquence de ces épisodes catastrophiques est bien souvent l'exploitation prématurée des bois engendrant des pertes financières et des ruptures dans les écosystèmes forestiers. Aujourd'hui, le principal défi des forestiers consiste à reconstituer en priorité ces peuplements sinistrés mais aussi à rajeunir les peuplements vieillissants, ceci pour créer une forêt future plurifonctionnelle et durable.

Le projet européen Interreg VA Grande Région Regiowood II « **Adapter la conduite des régénérations pour une forêt plus résiliente** » privilégie des échanges transfrontaliers de recherche et de développement entre différents acteurs de la filière-bois. Il est articulé autour d'une série d'actions visant à inciter le renouvellement de parcelles forestières privées non reboisées après exploitation, et à promouvoir l'installation d'une forêt future plus résiliente.

La régénération naturelle ou artificielle des peuplements passe par le choix d'essences appropriées et diversifiées, mais nécessite aussi des conditions performantes d'installation et de protection dans le jeune âge. Si elles ne sont pas optimales, l'installation risque d'échouer sans garantir le sauvetage de jeune semis ou la reprise des plants. En effet, les facteurs de blocage sont multiples et sont souvent liés les uns aux autres : contraintes stationnelles (sol compacté, superficiel ou engorgé ; versants chauds ; lisières sensibles aux vents...), végétations concurrentes, pression du gibier, risques sanitaires, etc. Pour ces projets de régénération, toutes les autres composantes de la gestion durable de nos forêts doivent être préservées : améliorer les sols et la biodiversité indispensables au bon fonctionnement des écosystèmes, conserver le rôle protecteur de nos forêts sur les ressources en eau, prévenir les risques naturels, garder des espaces accueillants pour nos loisirs, notre santé et notre bien-être ; sans oublier de développer les compétences des opérateurs forestiers (propriétaires, gestionnaires, entrepreneurs, ouvriers...) et de renforcer notre autonomie en graines et plants d'essences / provenances mieux adaptées.

Les problématiques de sol et de végétations concurrentes peuvent être résolues par une préparation de terrain adéquate bien raisonnée. Le choix de la méthode de préparation est essentiel pour maximiser les chances de succès tout en minimisant les coûts et les impacts négatifs sur certains services écosystémiques. Néanmoins, il existe une multitude d'outils et de techniques. Dans le cadre du projet Regiowood II, un ensemble de trois guides a été développé pour aider les propriétaires et les gestionnaires dans leur prise de décisions.



Présentation des guides à la régénération

Face aux changements climatiques et aux risques globaux actuels, le *Guide pour optimiser les régénérations forestières* regroupe trois documents pertinents et complémentaires pour mieux réussir la régénération naturelle, artificielle ou mixte des peuplements :

- 1. Outils de diagnostic REGE** : déterminer les potentialités et contraintes stationnelles ou sylvicoles de la parcelle à régénérer pour sélectionner les itinéraires de régénération les mieux adaptés aux contextes sylvicoles et stationnels rencontrés ;
- 2. Itinéraires sylvicoles REGE** : choisir les meilleures alternatives technico-économiques de régénération naturelle, artificielles ou mixtes ;
- 3. Fiches techniques REGE** : apporter des conseils pour choisir les techniques et outils optimaux en matière de préparation de terrain, d'entretien des végétations ou de protection contre le gibier.

Guide pour optimiser les régénérations forestières		
1^{ère} étape : Outils de diagnostic REGE	2^{ème} étape : Itinéraires sylvicoles REGE	3^{ème} étape : fiches techniques

Première étape : diagnostic préalable

Cette première étape permet de choisir l'itinéraire de régénération (ou un groupe d'itinéraires) le mieux adapté au contexte de la parcelle forestière à régénérer. Il est divisé en deux parties : la première oriente le lecteur vers l'un ou l'autre itinéraire de régénération par un jeu de questions séquentielles permettant d'affiner le diagnostic pour la situation type à laquelle se rattache sa parcelle ; la seconde est constituée de fiches permettant de répondre objectivement aux différentes questions posées dans la première partie.

Seconde étape : itinéraires sylvicoles

La seconde étape poursuit la réflexion du renouvellement et vise à orienter le praticien vers un ensemble d'itinéraires adaptés au contexte stationnel et sylvicole rencontré, ainsi qu'aux contraintes de végétation ou de sol. Pour faciliter leur prise en main, les itinéraires sont organisés dans la continuité de l'outil de diagnostic. Ils sont répertoriés en cinq grandes familles pour lesquelles le mode de renouvellement est identique (ie. plantation après coupe rase, régénération naturelle...). Au sein de chaque famille, les itinéraires se différencient par des orientations techniques contrastées dont le choix appartient au forestier. Il lui reviendra, par exemple, de choisir une plantation par cellules plutôt qu'une plantation en plein traditionnelle après une coupe rase. Chaque itinéraire offre plusieurs variantes en fonction de la nature de la végétation ou la présence d'une contrainte de compacité du sol. Les outils et techniques proposés sont à la fois adaptés à ces contraintes mais aussi au cadre technique donné par l'itinéraire. Ainsi, la décompaction d'un sol dans un itinéraire de plantation en plein pourra faire appel à des techniques de préparation différentes de celles d'un itinéraire de plantation en cellules. Un bilan économique est établi en comparant chaque itinéraire proposé à un itinéraire traditionnel typique réalisé dans les mêmes conditions.



Troisième étape : fiches techniques

Le troisième document regroupe différentes fiches consacrées aux travaux de préparation de terrain et aux protections contre le gibier. Il permet au lecteur de rechercher des informations pratiques utiles pour la mise en œuvre d'un itinéraire choisi.

Les caractéristiques techniques et domaines d'utilisation des différents outils sont présentés pour chaque type de préparation de terrain ainsi que les caractéristiques techniques des engins adaptés. Des clés d'aide à la décision permettent de cadrer les besoins techniques en fonction des conditions de la parcelle (ie. pente, pierrosité ...). La comparaison des techniques est facilitée par une présentation schématique mettant en avant les avantages et inconvénients de chacune d'elles, ainsi qu'un indice de performance sur le traitement de la végétation, des souches, des rémanents et le travail du sol. Les fiches formulent des conseils et points d'attention pour une application plus efficace ; elles reprennent également certaines mises en gardes en termes d'utilisation et d'effets sur la végétation.

Six fiches traitent différentes opérations de préparation de terrain : le broyage, l'andainage, le sous-solage, le traitement des souches, la gestion de la végétation et le travail du sol. La septième fiche formule des recommandations pour la lutte préventive et directe contre les dégâts des gibiers et rongeurs.

Ces fiches sont issues des conclusions déduites du réseau d'expérimentation du projet et complétées par des recherches bibliographiques et des réflexions avec des professionnels du renouvellement forestier.



Remerciements

Nous sommes reconnaissants envers le FEDER-Interreg (Fonds européen de développement régional), le SPW (Direction Générale Opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement) qui ont financé et soutenu le projet REGIOWOOD II : « *Adapter la conduite des régénérations pour une forêt plus résiliente* ».

Les expérimentations et les échanges transfrontaliers ont nourri le concept et le contenu des guides d'aide à la régénération. La récolte et la confrontation des informations sur lesquelles s'appuient ces guides ainsi que la rédaction des recommandations ont bénéficié de l'aide d'un grand nombre d'experts et de professionnels. Une majorité a participé aux groupes de travail et aux journées de démonstration permettant de rassembler des informations techniques. Pour leurs contributions constructives, nous tenons à remercier :

Partenaires

Pauline GILLET, Charles VUYLSTEKE, Benjamin WILLEMS & Sarah WAUTELET (Ressources Naturelles Développement) ;

Catherine COLLET, Florian VAST & Alexandre FRAUENFELDER (Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'alimentation et l'Environnement) ;

Pierre-Olivier BONHOMME, Julie LOSSEAU, Philippe de WOUTERS & Michaël SZENOGRACZKI (Société Royale Forestière de Belgique) ;

David BERCK & Vincent COLSON (Office Economique Wallon du Bois / Cellule d'Appui à la Petite Forêt Privée) ;

Christophe VIDAL & Sabine GIRARD (Centre National de la Propriété Forestière / Institut pour le Développement Forestier) ;

Stéphane ASAEL & Cyril VITU (Centre Régional de la Propriété Forestière en région Grand Est) ;

Kevin GIROT (Fibois Grand Est) ;

Georg Josef WILHELM (Ministère de l'Environnement, de l'agriculture, de l'agroalimentaire, de la viticulture et de la forêt de l'Etat de Rhénanie-Palatinat).

Office National des Forêts

Jean-Philippe MARECHAL, Sébastien DAVILLER – ONF, Service travaux

SPW - Département de la Nature et des Forêts

Pierre GIGOUNON (responsable du cantonnement de Bouillon), Olivier HUART (responsable du cantonnement de Beauraing), Philippe TRIGALET (C1 du cantonnement de Beauraing), Jules LUCY (C1 du cantonnement de Marche-en-Famenne), Philippe GILLES (agent technique au cantonnement de Libin).

Experts et gestionnaires

Claude BECKER (consultant et concepteur d'outils forestiers), Elise SPEYBROUCK & François DE MEERSMAN (Union des Entrepreneurs de Travaux Forestiers de Wallonie / Confédération belge du bois), Pierre FONTEYN (Fédération Nationale des Experts Forestiers), Etienne LORENT (Gestionnaire indépendant).

Techniciens et entrepreneurs forestiers

Yves PIROTHON (Pépinière Pirothon SA) ;

Simon LINARD (Pépinière ArboPlants) ;

Gauthier GAILLY & Edith GAILLY JOURDAN (Pépinière Gailly Jourdan) ;



Anthony VALENZISI (Valenzisi SA) ;
Anthony VAN ZUYLEN (Dynasilva) ;
Julien PETIT & Alice SABINE (Coopérative Forêt et Bois de l'Est) ;
Société MAILLARD & l'Entreprise DAIRON ;
Gilbert CLARAT (Technicien indépendant).

Propriétaires privés

Quentin D'OTREPPE & Didier CHOUZET.

Nous remercions également Monique PIERARD (CDAF asbl) pour la relecture et la correction des documents et Jean-Yves LAMBERT (CDAF asbl) pour les schémas et mises en forme des documents.

Finalement, nous espérons que cet outil aide les propriétaires et les gestionnaires forestiers à trouver des solutions aux problèmes rencontrés lors de la régénération de leur parcelle ou, plus simplement, à y dénicher des informations sur de nouvelles méthodes et outils de préparation de terrain.

Outil de diagnostic REGE

PARTIE I : Déterminez la situation de départ de votre parcelle et posez vous les bonnes questions



1. Contexte et prise en main de l'outil

En grande Région, on observe un taux d'échec important dans le renouvellement naturel et artificiel des peuplements. Les causes de ces échecs peuvent être multiples et souvent en interaction les unes avec les autres. Il existe aussi de nombreuses parcelles qui ne sont pas renouvelées par leur propriétaire après la mise à blanc et ce pour diverses raisons : manque de temps, déficit de connaissances en sylviculture, coût de reboisement¹...

Pour favoriser la réussite du renouvellement, il est primordial de commencer par identifier précisément la situation de départ à laquelle rattacher sa parcelle, et diagnostiquer les contraintes. Ainsi, les conditions favorables à l'installation du semis ou du plant pourront être établies, et des itinéraires appropriés choisis de manière raisonnée. Il est par exemple possible de réaliser un travail préalable de décompactage du sol pour favoriser le développement racinaire, ou d'utiliser certaines méthodes pour maîtriser les végétations concurrentes.

L'objectif de ce document est de guider le propriétaire/gestionnaire vers l'itinéraire de renouvellement le plus adapté en fonction de la situation de la parcelle. Les itinéraires proposés s'appuient tant que possible sur la régénération naturelle déjà présente afin d'améliorer les chances de succès et d'obtenir une régénération diversifiée.

Ce document est divisé en deux parties, sous forme de deux supports qui peuvent être consultés conjointement :

Partie I : A l'aide de schémas et de descriptions des différentes **situations de départ** possibles, le lecteur peut déterminer à quelle situation sa parcelle à renouveler se rattache ; il peut alors suivre la **clé de décision** associée pour définir l'**itinéraire** adéquat.

Partie II : Pour l'aider à avancer dans les clés de décision de la partie I, le lecteur est invité à utiliser les **boîtes à outils** rassemblées par catégorie dans la deuxième partie.

Les situations initiales décrites dans cet outil concernent les futaies régulières et irrégulières dans le cadre de traitements d'entretien. Les traitements transitoires, tels que l'irrégularisation, la conversion et la transformation, ne sont pas considérés. Enfin, le renouvellement des peuplements impactés par des perturbations est analysé en considérant les coupes sanitaires finalisées.

Les sorties des clés de décision proposées dans cette première partie renvoient vers les références d'itinéraires spécifiques aux situations diagnostiquées. Ces itinéraires sont détaillés dans les fiches **Itinéraires REGE**. Dans la partie boîte à outils sont mentionnées différentes situations de blocage dont la résolution peut passer par un travail mécanique. Ces travaux sont décrits en détail dans les **fiches techniques**.



En matière de régénération, des réglementations existent dans chaque pays/régions dont le gestionnaire doit tenir compte dans son projet.

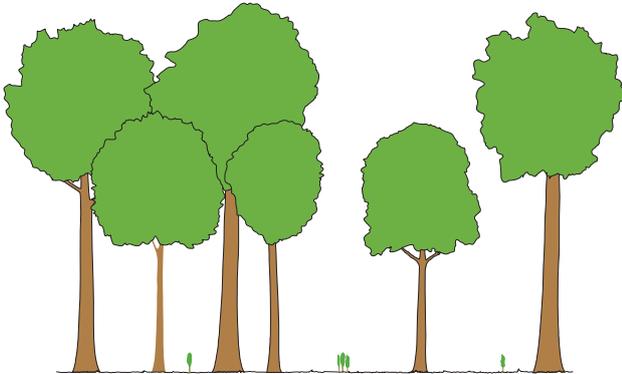
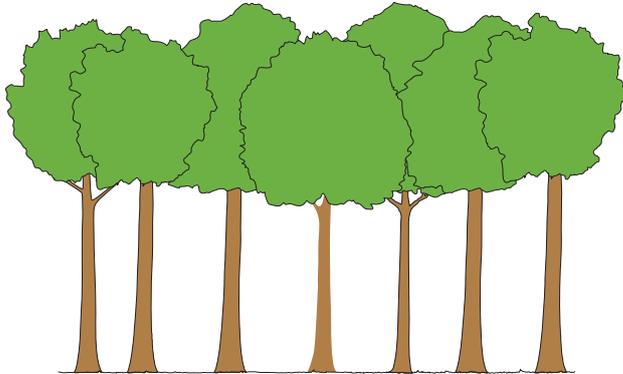
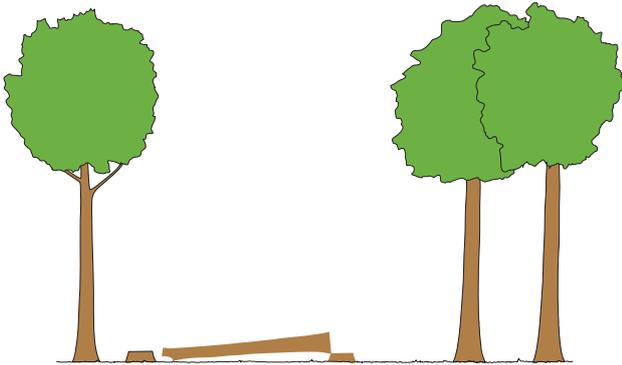
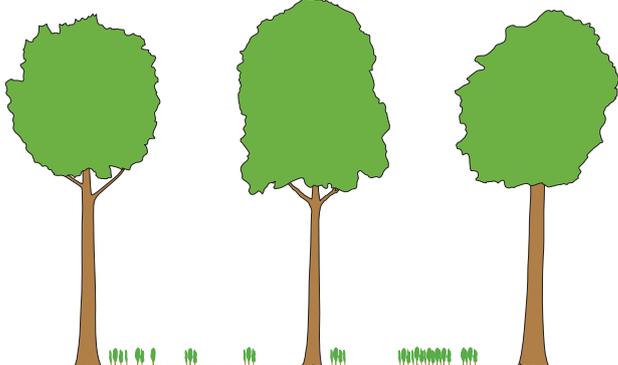
En Wallonie il y a notamment le Code forestier wallon (décret relatif au code forestier M.B. 12.09.2008), le CoDT, le code rural et Natura 2000. Pour plus d'informations sur les dernières modifications ou des spécificités locales, prenez contact avec le cantonnement DNF ou un expert forestier.

En Région Grand-Est, **le Code forestier, Natura 2000 ainsi que l'Arrêté préfectoral de protection des biotopes** sont à prendre en compte lors des projets de régénération. Pour plus d'informations, prenez contact avec le CRPF Grand Est.

¹ Vierset Q., Thommée A. & Colson V., 2021 - Accompagnement des propriétaires de petites parcelles forestière en matière de reboisement. Silva Belgica 1/2021

2. Déterminer sa situation de départ

Dans cette première étape, le gestionnaire / propriétaire détermine dans quelle situation de départ se trouve la parcelle à renouveler. Les six situations prises en compte sont schématisées ci-dessous.

<p>1 - FUTAIE IRRÉGULIÈRE</p>  <p>➔ page 9</p>	<p>2 - FUTAIE RÉGULIÈRE FERMÉE</p>  <p>➔ page 11</p>
<p>3 - FUTAIE RÉGULIÈRE OUVERTE SUITE À UNE PERTURBATION</p>  <p>➔ page 13</p>	<p>4 - COUPE RASE AVANT PLANTATION</p>  <p>➔ page 15</p>
<p>5 - RÉGÉNÉRATION ARTIFICIELLE : PLANTATION APRÈS COUPE RASE</p>  <p>➔ page 17</p>	<p>6 - RÉGÉNÉRATION NATURELLE : COUPE DE RÉGÉNÉRATION INITIÉE</p>  <p>➔ page 19</p>

1 - FUTAIE IRRÉGULIÈRE

Cette situation initiale reprend les cas où le **traitement** de la futaie est **irrégulier** et où **les essences de production** (ou essences objectifs) du peuplement montrent **des dimensions très contrastées** avec au minimum 2 catégories de grosseurs précomptables ¹ (petits, moyen, gros et très gros bois), mélangées par pieds d'arbres ou par petits groupes.

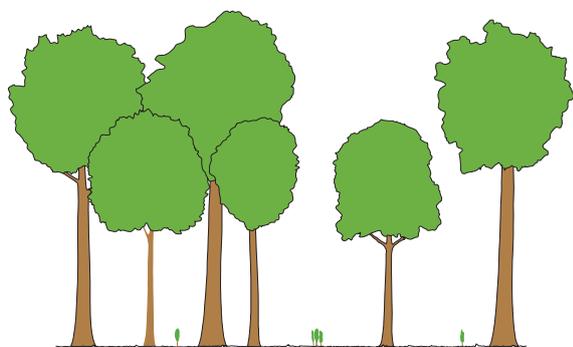
Les essences d'accompagnement ou culturales telles que le charme en taillis-sous-futaie par exemple ne sont pas comptabilisées.

Si **une catégorie de grosseur domine** malgré que d'autres catégories soient présentes, on choisira plutôt la situation initiale 2 (page 6), 3 (page 8) ou 6 (page 14) traitant des futaies régulières. Par ailleurs, quand le peuplement est **dominé par les petits et moyens bois**, la question du renouvellement ne se pose pas en dehors d'éventuelles ouvertures présentes dans le peuplement (voir boîte à outil F1).

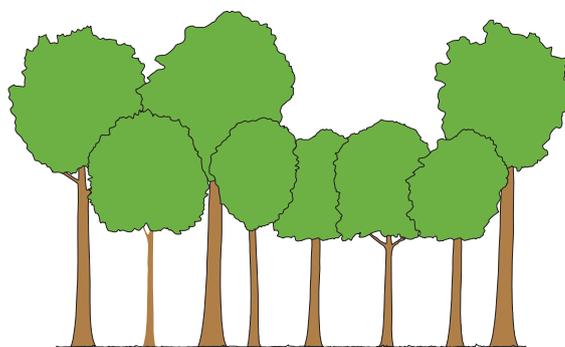
Dans ce type de traitement, le renouvellement s'effectue majoritairement par voie naturelle et de manière continue. La régénération naturelle peut toutefois être entravée par une série de blocages, liés au sol, à la végétation, au gibier ou à un dosage inapproprié de la lumière. Par ailleurs, le gestionnaire / propriétaire peut souhaiter, pour différentes raisons, modifier la palette des essences en présence en procédant par enrichissement.

Cette situation comprend les cas suivants

✓ *Minimum deux catégories de grosseur différentes, présence d'une régénération en sous étage*

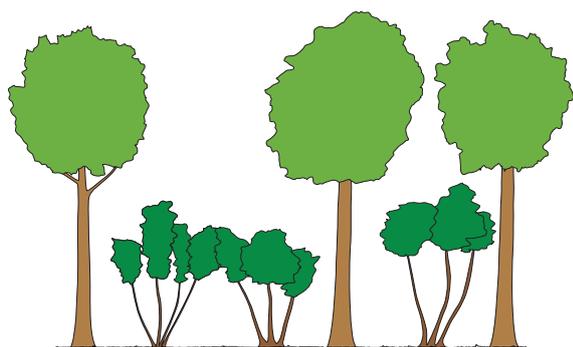


✓ *Minimum deux catégories de grosseur différentes, absence de régénération*

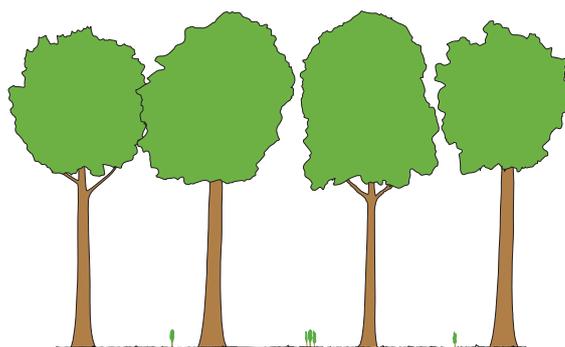


Cette situation ne comprend pas les cas suivants

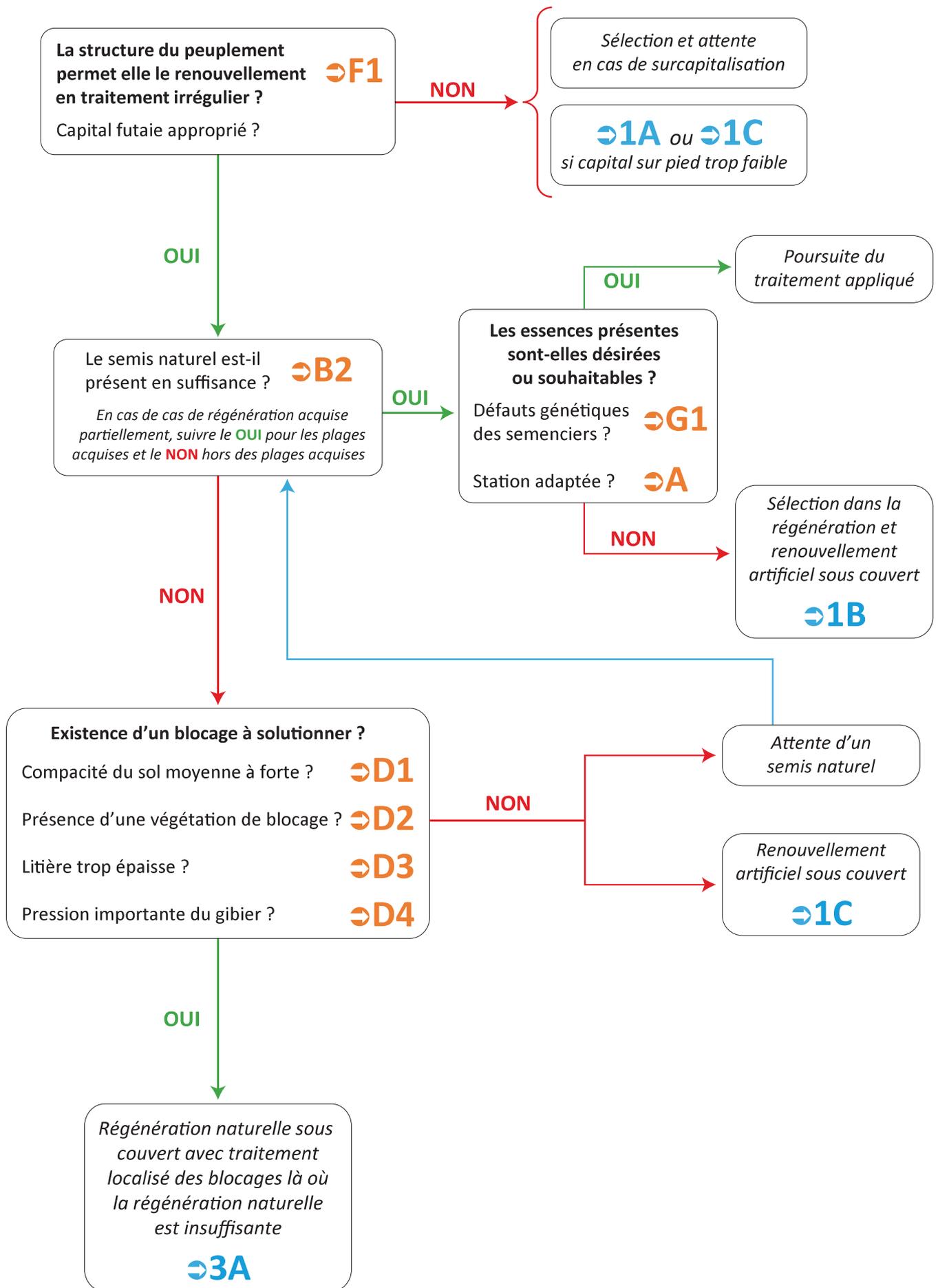
✗ *Un taillis-sous-futaie*



✗ *Une régénération sous une futaie régulière*



¹ Les dimensions précomptables débutent à 40 cm de circonférence à 1,5 m de hauteur en Belgique et à 17,5 cm de diamètre à 1,3 m de hauteur en France.



légende des renvois ⇒ n° situation de départ ⇒ n° boîte à outil ⇒ n° itinéraire conseillé

2 - FUTAIE RÉGULIÈRE FERMÉE

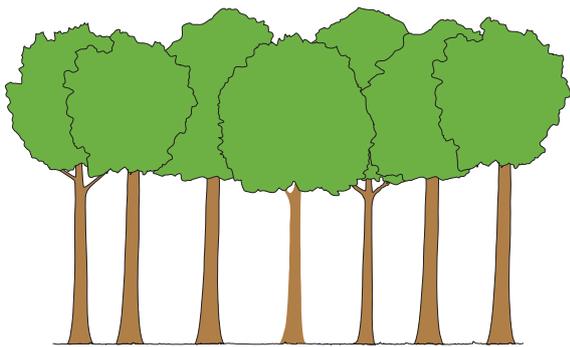
Cette situation initiale reprend les cas peuplements **réguliers, complets et en bon état sanitaire**, dont la vocation finale est d'être régénérés en plein, soit par coupes progressives, par renouvellement artificiel sous couvert ou par mise à blanc. La futaie peut être plus ou moins claire en fonction du passage en coupe et de la sylviculture appliquée.

Les arbres des essences principales du peuplement sont tous dans des **catégories de grosseur similaires**. Si plus de 2 catégories de grosseurs bien distinctes sont présentes dans le peuplement, on choisira plutôt la situation initiale 1 (page 4) traitant des futaies irrégulières.

Si une régénération naturelle souhaitée est déjà présente au sol suite à la réalisation de coupe(s) de régénération, on choisira plutôt la situation initiale 6 (page 14) traitant des régénérations déjà initiées. Dans le cas de peuplements réguliers dans lesquels des trouées plus ou moins grandes ont été ouvertes, par exemple à cause de coupe sanitaire ou d'autres perturbations, on se référera à la situation initiale 3 (page 8).

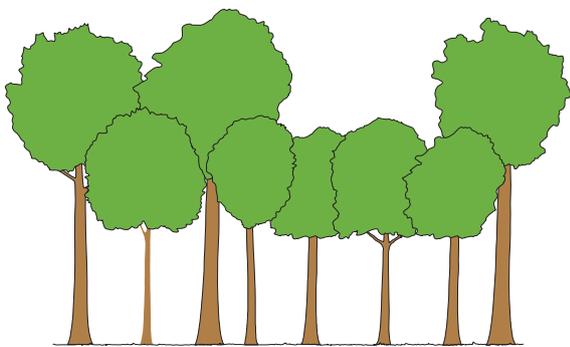
Cette situation comprend le cas suivant

✓ *Futaie régulière fermée*

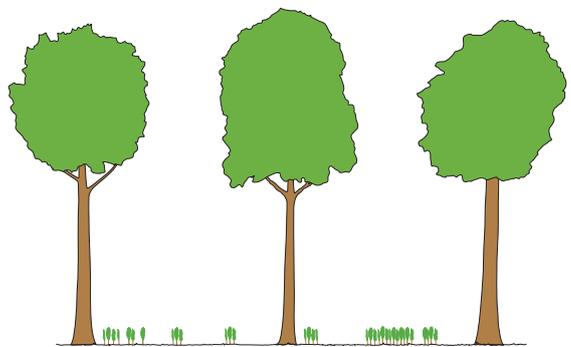


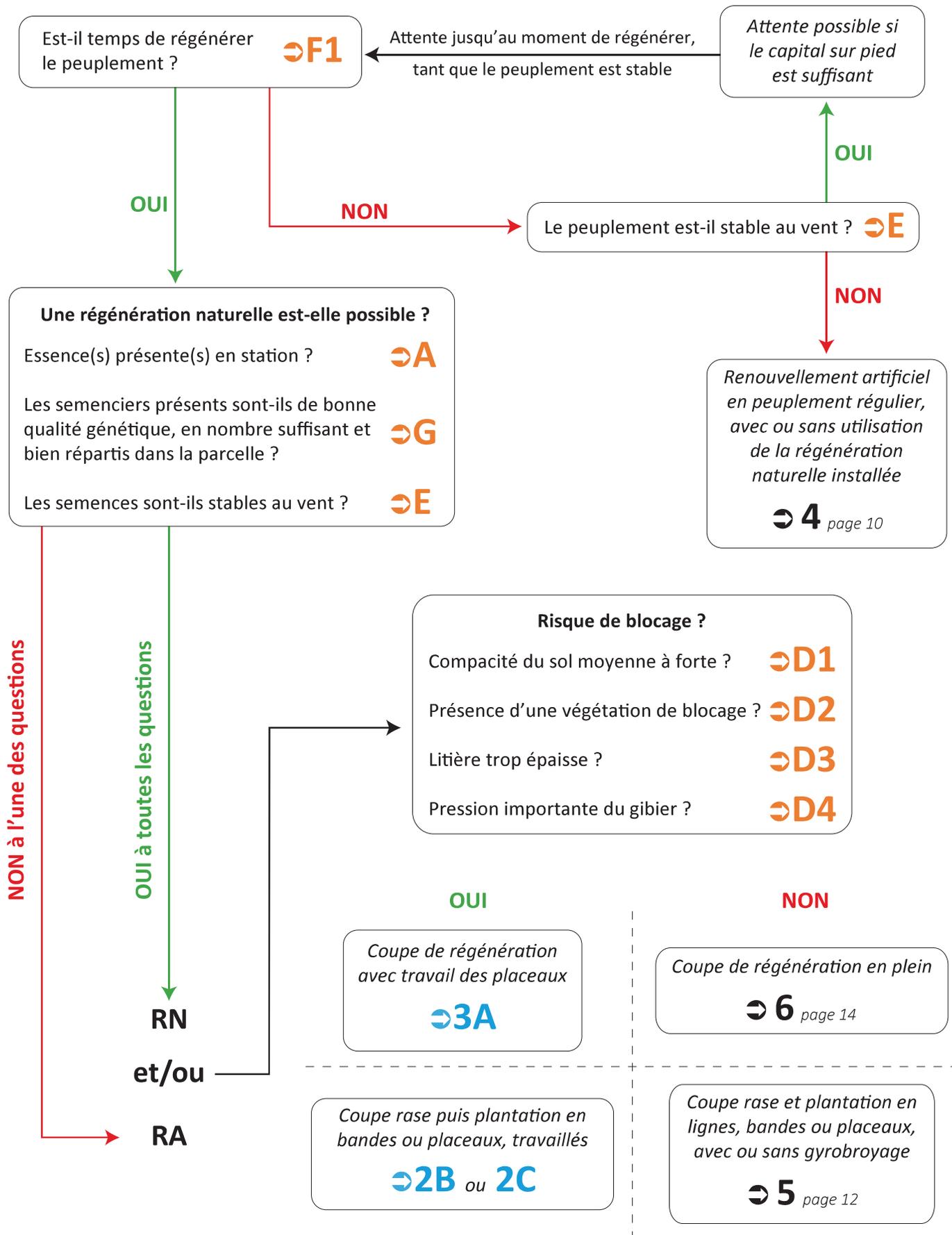
Cette situation ne comprend pas les cas suivants

✗ *Minimum deux catégories de grosseur différentes, absence de régénération*



✗ *Un peuplement régulier dont les coupes de régénération auraient déjà été initiées*





légende des renvois

⇒ n° situation de départ

⇒ n° boîte à outil

⇒ n° itinéraire conseillé

3 - FUTAIE RÉGULIÈRE OUVERTE SUITE À UNE PERTURBATION

Cette situation initiale reprend les peuplements **réguliers mais incomplets** ou **décapitalisés** en raison de chablis, d'attaques sanitaires ou de dépérissement.

Le peuplement ne présente actuellement plus de problème sanitaire mais garde probablement les séquelles d'une ouverture brutale et parfois anarchique. Le sol est sans doute compacté par le passage répété d'engins lourds et la stabilité du peuplement est peut être compromise. La régénération naturelle déjà en place a peut être été endommagée par la chute désordonnée des arbres.

Les arbres des essences principales du peuplement sont tous **dans des catégories de grosseurs similaires** (PB, BM, GB et TGB). Si plus de 2 catégories de grosseurs bien distinctes sont présentes dans le peuplement, on choisira plutôt la situation initiale 1 traitant des futaies irrégulières.

Ce type de situation nécessite de poser un diagnostic sur les arbres résiduels, sur la régénération acquise et sur le potentiel de renouvellement.

Lorsque le peuplement est très ouvert, la situation est proche de celle d'une coupe rase pour laquelle on s'interroge sur le potentiel d'utilisation de la régénération naturelle. La différence majeure concerne la gestion des arbres résiduels et des rémanents ; si l'exploitation a déjà eu lieu, la régénération peut être affectée par une série de blocages liés par exemple au tassement du sol.

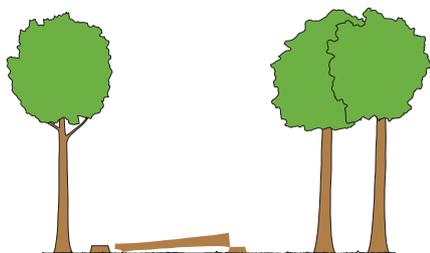
Si le peuplement est moyennement ouvert, la situation se distingue de la coupe de régénération initiée par les points suivants :

- o la gestion des arbres résiduels sur le plan de la stabilité, de la maturité économique, de l'aptitude stationnelle et de leur aptitude comme semenciers ;
- o l'acquisition de la régénération naturelle, car celle-ci peut ne pas être attendue sur l'ensemble de la parcelle si l'on souhaite maintenir certains bois.

Cette situation comprend le cas suivant



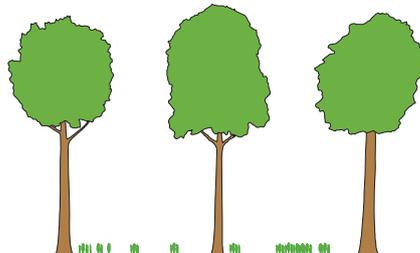
Futaie régulière ouverte suite à une perturbation



Cette situation ne comprend pas les cas suivants

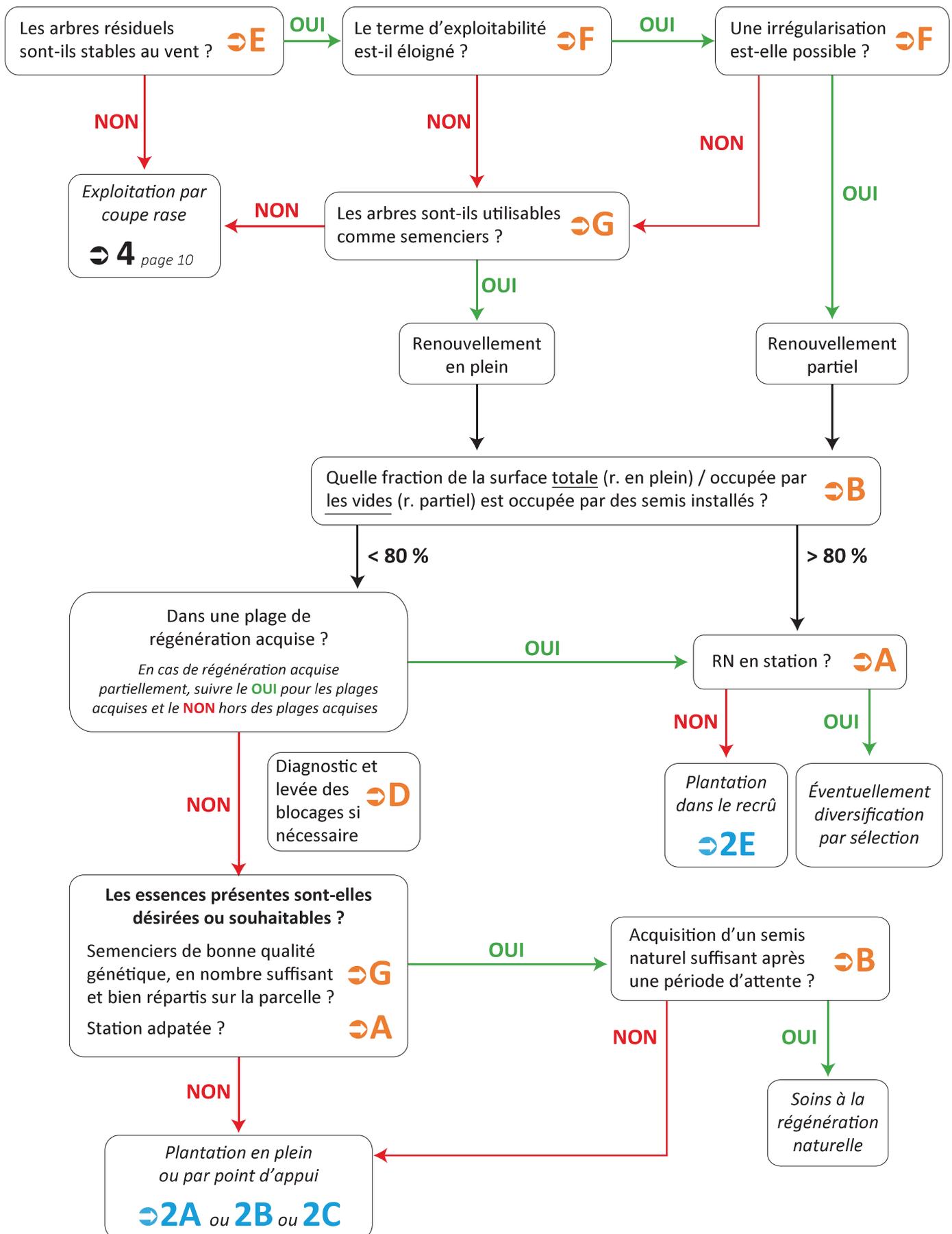


Un peuplement régulier dont les coupes de régénération auraient déjà été initiées



Une coupe rase





légende des renvois ➔ n° situation de départ ➔ n° boîte à outil ➔ n° itinéraire conseillé

4 - COUPE RASE, AVANT PLANTATION

Cette situation initiale reprend les peuplements ayant fait l'objet d'une coupe rase (coupe à blanc, coupe à blanc-étoc) lors de laquelle l'ensemble des arbres ont été récoltés. A moins qu'elle ne soit consécutive à une perturbation (situation n°3), la réalisation d'une coupe rase est le plus souvent associée à une décision préalable de régénération artificielle par plantation.

A ce stade de l'analyse, aucune plantation n'a encore été réalisée mais la coupe peut comporter des plages de semis naturels utilisables pour le renouvellement.

Un premier diagnostic permet d'estimer l'intérêt potentiel de ces plages pour le renouvellement de la parcelle (distribution spatiale, superficie occupée, adéquation des espèces à la station). Contrairement à une situation dans laquelle des semenciers sont encore présents dans la parcelle (cas typique de la situation n°6), le potentiel d'extension des plages de régénération naturelle est plus limitée et l'option d'attente est donc moins pertinente dans ces conditions. Dans certains cas (p. ex. essences dispersées par le vent depuis les parcelles voisines), elle peut être envisagée mais n'est pas reprise dans la clé suivante. En cas de renouvellement anticipé en résineux après mise à blanc de résineux, l'attente est vivement conseillée pour limiter les dégâts d'hylobe.

Un second diagnostic porte sur les éventuels blocages, qui dans ce cas, risquent de poser problème aux plantations plus qu'à la régénération naturelle déjà acquise.

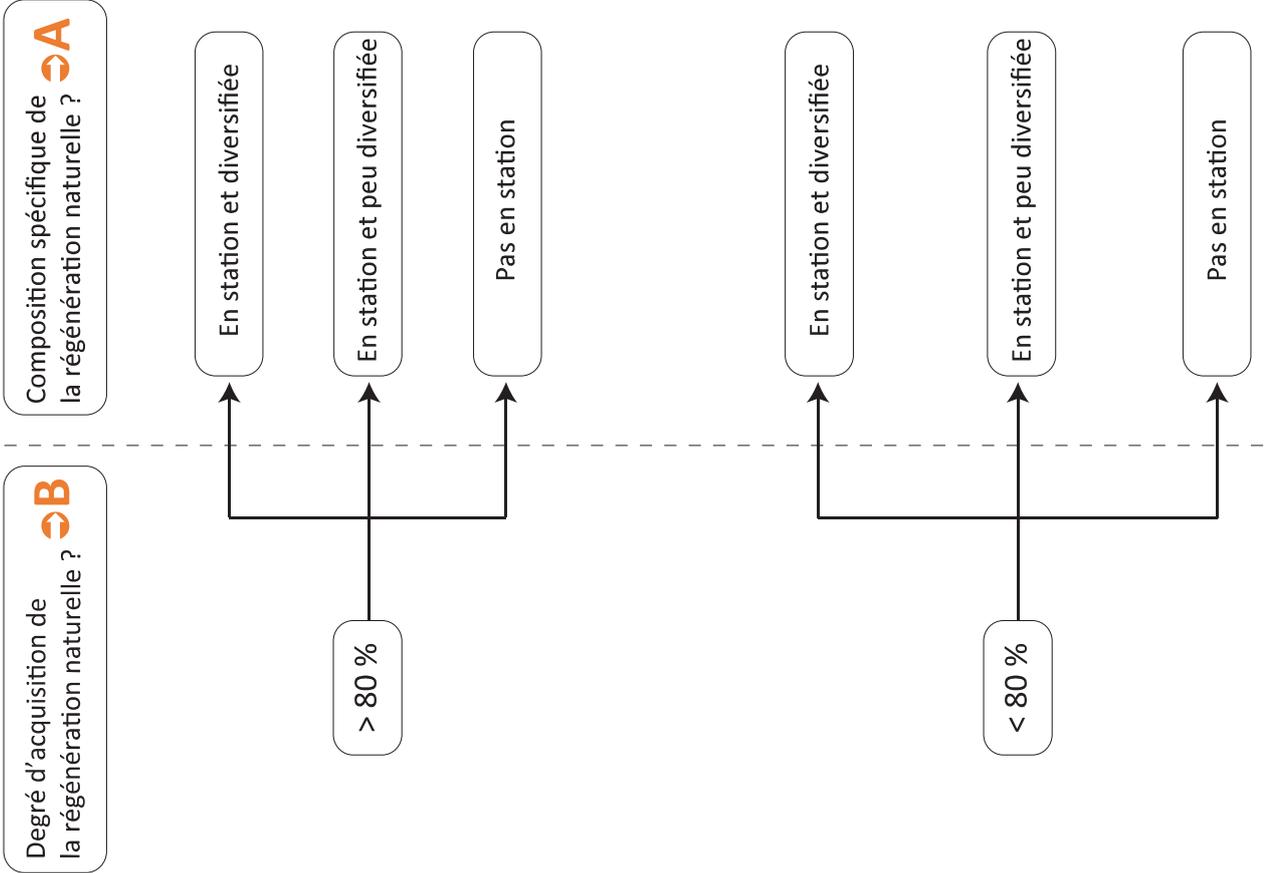
La conjonction des deux analyses, potentiel de régénération naturelle et blocage(s), va conditionner largement les schémas de plantation à mettre en place. La gestion des rémanents et la méthode de travail du sol choisie sont aussi des aspects à prendre en compte avant de régénérer la parcelle.

Si la plantation a déjà eu lieu, il convient de se référer à la situation numéro 5.

Cette situation comprend le cas suivant	Cette situation ne comprend pas le cas suivant
<p>✓ <i>Coupe rase, juste avant plantation</i></p> 	<p>✗ <i>Plantation après coupe rase</i></p> 

Remarque importante pour l'utilisation du diagramme de la page 11

Le lecteur est d'abord invité à répondre aux questions situées en tête des deux premières colonnes. Une fois déterminés le pourcentage de régénération acquise (colonne 1) et l'adéquation à la station (colonne 2), l'utilisateur doit déterminer la présence et l'absence d'un blocage et parcourir alors la colonne OUI ou NON qui convient. Le ou les itinéraires conseillés sont positionnés en vis-à-vis de la cellule définissant l'adéquation stationnelle pour le degré d'acquisition de la régénération observé.



Risques de blocages dans les zones à planter / à enrichir ? **↗D**

OUI

Intervention coûteuse et pas forcément nécessaire

Situation uniquement possible dans le cas où la RN attendue est bloquée par une autre essence ligneuse sans intérêt sylvicole
↗2B, 2C ou 2D
sur bandes ou placeaux travaillé(e)s

↗2B, 2C ou 2D
sur bandes ou placeaux travaillé(e)s

↗4A ou 4B
sur bandes ou placeaux travaillé(e)s

↗2B, 2C ou 2D
sur bandes ou placeaux travaillé(e)s

NON

↗4A ou 4B
Enrichissement par points d'appui et/ou à faible densité

↗2E *Plantation à faible densité dans le recru*

↗2 *en fonction de la dimension et de la répartition des plages non acquises*

↗2A *Plantation en plein, avec ou sans gyrobroyage*
↗2E *Plantation à faible densité (si éducation possible)*

5 - RÉGÉNÉRATION ARTIFICIELLE : PLANTATION APRÈS COUPE RASE

Cette situation initiale reprend les peuplements traités en **futaie régulière**, dans lesquels la mise à blanc a été effectuée et la plantation finalisée.

Le diagnostic devra être réalisé dans les deux premières années après la plantation pour être pertinent. A ce stade, il porte principalement sur la survie et l'état sanitaire des plants, ainsi que le recouvrement de la parcelle. On suppose par ailleurs que le matériel installé est en station et répond aux critères de qualité définis dans le cahier des charges de la réception.

En cas de déficit de la régénération artificielle, le diagnostic examinera d'abord dans quelle mesure la régénération naturelle peut assurer le relais.

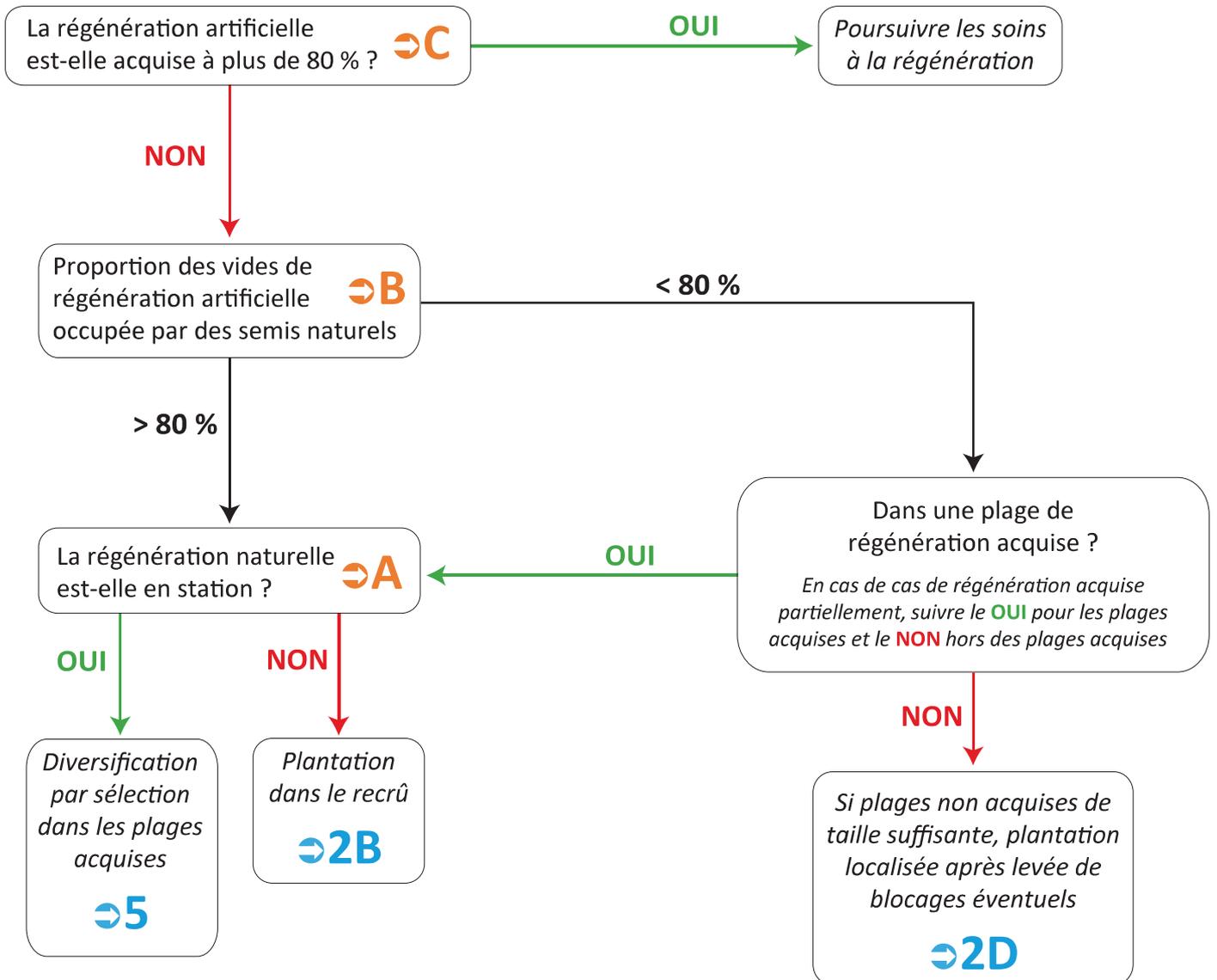
Il n'y a plus de semenciers sur la parcelle mais il est possible que des semenciers d'essences appropriées soient présents sur les parcelles voisines. Si ce n'est pas le cas, le diagnostic devra permettre de définir comment compléter au mieux le renouvellement par plantation, après levée des blocages éventuels. Compte tenu des coûts que cela implique, les interventions effectuées veilleront à s'assurer que la régénération permettra de donner lieu au nombre minimal d'arbres attendus en fin de cycle sylvicole.

Cette situation comprend le cas suivant



Plantation après coupe rase





légende des renvois ⇒ n° boîte à outil ⇨ n° itinéraire conseillé

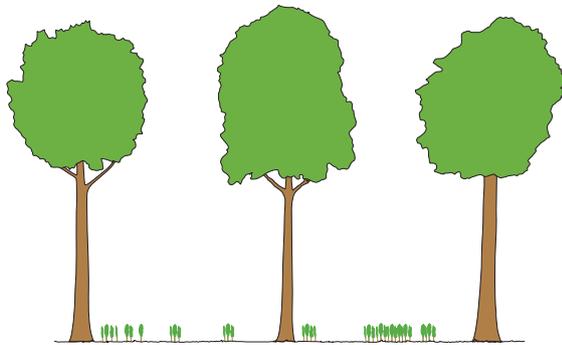
6 - RÉGÉNÉRATION NATURELLE : COUPE DE RÉGÉNÉRATION INITIÉE

Cette situation initiale reprend les peuplements **traités en futaie régulière parvenus en fin de cycle sylvicole**, dans lesquels le **processus de régénération naturelle de l'essence objectif a été initiée** par coupes progressives ou via des éclaircies fortes ayant entraîné l'apparition d'une régénération fortuite. Des coupes, enlèvement du sous-étage ou coupes secondaires, ont déjà été engagées.

Par contraste aux situations n°4 et n°5, la régénération naturelle présente peut être supposée comme étant globalement en station puisque l'ouverture du peuplement résulte d'une démarche intentionnelle du gestionnaire. Si ce n'est pas le cas, il convient de sélectionner les semis d'essences adaptées dans la régénération naturelle. Celle-ci peut également être enrichie par plantation en placeaux ou en plein. Dans ce dernier cas, la régénération naturelle peut servir de bourrage, avec un effet éducateur pour les plants.

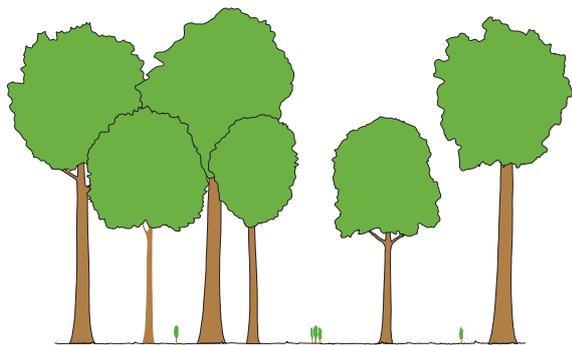
Cette situation comprend le cas suivant

✓ *Coupe de régénération initiée*

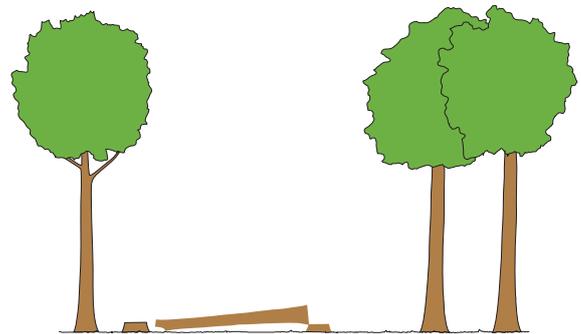


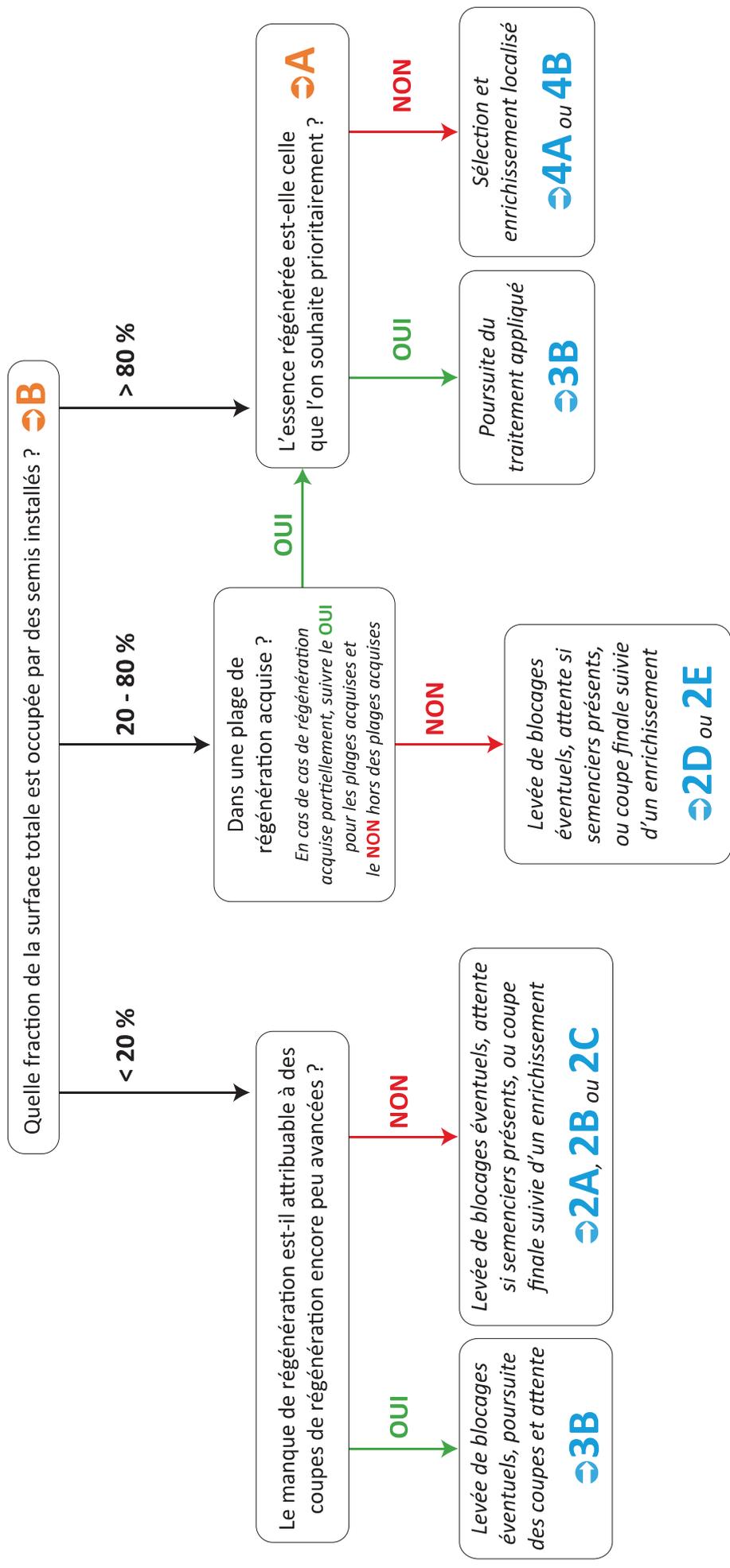
Cette situation ne comprend pas les cas suivants

✗ *Un peuplement irrégulier avec une régénération en sous étage*



✗ *Une futaie régulière ouverte suite à une perturbation*





légende des renvois ➔ n° boîte à outil ➔ n° itinéraire conseillé

Outil de diagnostic REGE

PARTIE II : Boîte à outils



Cette boîte rassemble une série d'outils regroupés par thèmes, et qui permettent de progresser dans les clés de décision de la partie I de l'outil de diagnostic.

La boîte à outil ne se veut pas exhaustive sur chaque sujet abordé. Les utilisateurs qui le souhaitent trouveront des informations complémentaires dans les sources bibliographiques citées dans le document. Le support a été conçu afin de permettre au lecteur d'utiliser les différentes parties en parallèle.

L'essence présente ou souhaitée est-elle en station ?

- A** *A1 - Wallonie : le fichier écologique des essences 23*
 A2 - France : les guides pour le choix des essences en Lorraine-Alsace 24
-

Le semis naturel est-il présent en suffisance ?

- B** *B1 - Futaie Régulière 25*
 B2 - Futaie irrégulière 26
-

- C** **La plantation a-t-elle un avenir ? 27**
-

Quelles sont les contraintes pouvant entraîner un blocage du renouvellement ?

- D** *D1 - Le sol est-il compacté ? 28*
 D2 - Une végétation de blocage est-elle présente ? 31
 D3 - Y a-t-il une accumulation de matière organique au sol trop importante ? ... 34
 D4 - Y a-t-il une pression excessive du gibier sur les plants et semis ? 35
-

Mon peuplement est-il stable au vent ?

- E** *E1 - Diagnostic de stabilité d'un peuplement résineux régulier 36*
 E2 - Diagnostic de stabilité d'un peuplement feuillu 37
-

Est-il opportun de renouveler ou d'irrégulariser ?

- F** *F1 - Est-il opportun de renouveler ? 38*
 F2 - Peut-on attendre avant d'initier l'irrégularisation du peuplement ? 40
-

Les semenciers sont-ils de qualité et en quantité suffisante ?

- G** *G1 - Les semenciers sont-ils de qualité ? 41*
 G2 - Les semenciers sont-ils en nombre suffisant ? 42

A - L'ESSENCE PRÉSENTE OU SOUHAITÉE EST-ELLE EN STATION ?

Selon la région où se trouve la parcelle forestière, des outils différents ont été développés pour permettre au forestier de déterminer les essences qui produiront du bois de qualité sur cette parcelle.

A1 - Wallonie : le fichier écologique des essences

a. Utilisation

L'outil est utilisable sous forme d'une application web en libre accès : fichierologique.be. Il est nécessaire de connaître la localisation de la parcelle. Celle-ci peut s'étendre jusqu'à 5 ha.

- o Localiser la parcelle dans l'interface cartographique ;
- o Dessiner le contour précis de la zone (parcelle à renouveler) sur la carte ;
- o Confirmer éventuellement les données trophiques et hydriques grâce à des données de terrain.

b. Précautions d'usage

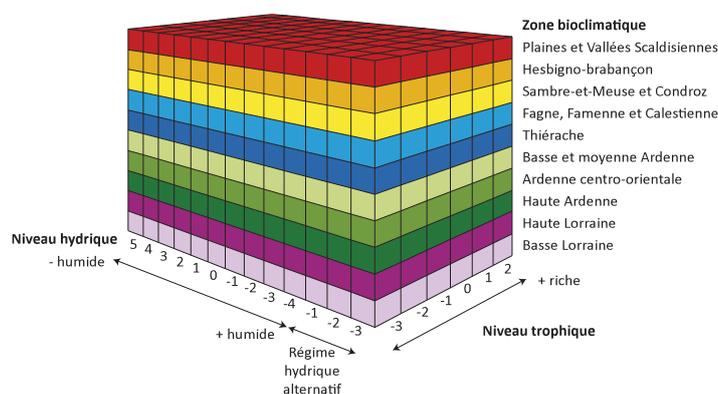
Le diagnostic numérique doit toujours s'accompagner d'une validation de terrain. Cela implique que l'utilisateur doit disposer de connaissances techniques minimum afin d'être capable de vérifier les paramètres pédologiques et stationnels.

c. Fonctionnalités

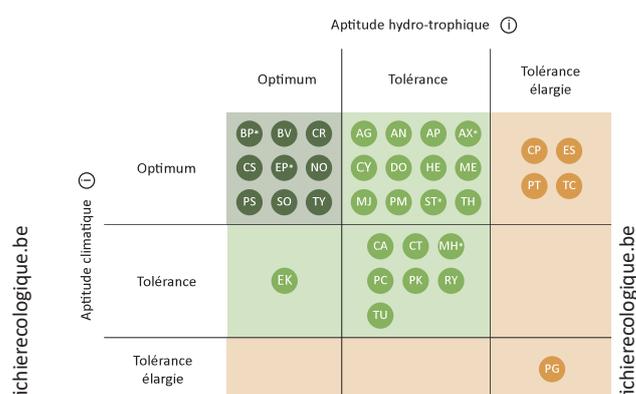
L'outil découpe la parcelle en zones homogènes d'après la zone bioclimatique et des niveaux hydriques et trophiques. Ces deux derniers critères sont calculés sur base du relief et de la carte numérique des sols de Wallonie.

Sur base de ces trois données, l'outil génère une liste d'essences potentielles adaptées à la station, en précisant si une essence est à son optimum ou en situation de tolérance.

Pour chaque essence, il existe une fiche donnant des indications supplémentaires sur les contraintes particulières que le sylviculteur doit prendre en compte. En effet, en fonction de leur caractéristiques, les essences peuvent être plus ou moins sensibles à différents facteurs tels qu'un déficit hydrique, des gelées précoces ou tardives, un régime hydrique alternatif, un sol compacté... La description de ces sensibilités est complétée par des facteurs aggravant ou atténuant permettant d'affiner son choix d'essence.



Vue conceptuelle de la classification des parcelles



Liste des essences adaptées à une station sélectionnée dans l'outil

A2 - France : les guides pour le choix des essences en Lorraine-Alsace

a. Utilisation

Les principaux documents (guides et catalogues), ainsi que la plupart des études régionales ou nationales de relations entre les stations et la production des essences sont disponibles en libre téléchargement sur le site de l'inventaire forestier de l'IGN : inventaire-forestier.ign.fr.

Il est également possible de contacter le CRPF de sa région, qui diffuse des **guides et catalogues en version papier**, et met régulièrement les plus récents **en ligne sur son site Internet** : grandest.cnpf.fr.

La reconnaissance des unités stationnelles sur le terrain se fait à travers une clé de détermination spécifique à chaque guide, et construite sur des critères simples à observer : position topographique, caractéristiques du sol et flore. La clé de détermination renvoie à une fiche pour chaque station :

- o une première partie concerne des informations synthétiques pour confirmer le diagnostic : localisation, végétation typique, caractères essentiels du sol ;
- o une seconde partie concerne les potentialités de la station et donne des préconisations sylvicoles et patrimoniales.

b. Précautions d'usage

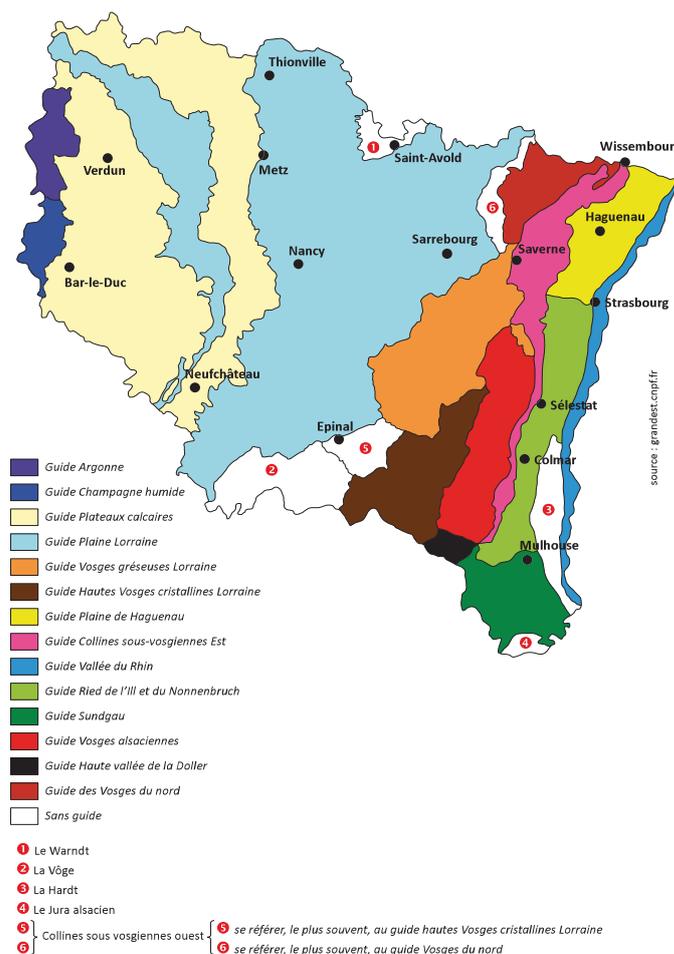
Ces guides doivent impérativement être utilisés dans la zone géographique couverte. Il est nécessaire d'avoir un minimum de connaissance dans le domaine de la pédologie étant donné les observations de sol demandées pour le diagnostic. Les guides fonctionnent pour un peuplement en forêt et non pour un reboisement de terre agricole pour lequel on n'observe pas la même flore ou les mêmes caractéristiques de sol.

c. Fonctionnalités

Ces guides recouvrent une partie de la Lorraine et la quasi-totalité de l'Alsace. Ils présentent, en fonction des conditions du milieu (climat, sol, exposition, topographie...), les **essences les plus adaptées**.

Tous les nouveaux guides où ceux en cours de révision tiennent en compte les changements climatiques dans le choix des essences.

Des formations ou journées de vulgarisation de ces outils (belges et français) sont organisées régulièrement pour les rendre encore plus accessibles.



B - LE SEMIS NATUREL EST-IL PRÉSENT EN SUFFISANCE ?

Pour déterminer si le semis naturel présent sur la parcelle permet d'assurer le renouvellement du peuplement, il faut évaluer sa densité et sa répartition. Cette évaluation s'appuie sur des approches différentes selon que l'on se situe en futaie régulière (B1) ou en futaie irrégulière (B2).

B1 - Futaie régulière

a. Appréciation visuelle de la répartition et de la quantité de semis

La première étape pour établir le potentiel de régénération naturelle présente, est de circuler dans la parcelle pour déterminer visuellement la qualité, la répartition et la densité du semis.

L'ouverture de cloisonnements sylvicoles est indispensable pour permettre un suivi fin de la régénération. Elle intervient dès que les difficultés de circulation du sylviculteur l'exigent.

Le cheminement permet de savoir si les semis sont bien répartis et en densité suffisante sur toute la parcelle, ou au contraire concentrés dans certaines zones. Vous pouvez ainsi localiser sur un plan les zones sans régénération.

Il ne faut prendre en compte que les semis d'avenir d'au moins un an, adaptés à la station, indemnes de dégâts de gibier et dont la pousse apicale est intacte.

Suite à ce premier constat, deux cas sont possibles¹ :

- o **Cas n°1** : La régénération des essences d'intérêt est bien répartie (plus de 80% de la surface à renouveler) et en densité importante.
- o **Cas n°2** : La régénération des essences d'intérêt est présente sur moins de 80% de la surface à renouveler et/ou la densité est faible.

b. Appréciation visuelle impossible : évaluation par comptage

Pour estimer la densité précise de semis, plusieurs méthodes ont été développées au fil des années dont la plus connue est la méthode décrite par l'ONF : l'outil **REGENAT**. Cette méthode permet d'évaluer précisément la densité de semis et l'importance des vides sur la parcelle via un sondage par placettes d'échantillonnage. Cette méthode est développée dans l'annexe 1.

Avec ce relevé précis, les moyennes de densités obtenues et le taux de vides sont calculés. Ceux-ci peuvent alors être comparés à des valeurs de référence.

Ainsi, selon Sardin¹, la régénération est considérée comme acquise lorsque des semis indemnes de dégâts de gibier sont régulièrement répartis à une densité minimale à l'hectare de **5.000 semis de l'année** ou **2.500 semis à 80 cm** de hauteur ou **2.000 semis à 3 m de hauteur**.

Il est toléré un maximum de 20 % (de la surface à régénérer) de « vide anormal ».

¹ Sardin T., 2008 - *Chênaies continentales, Guide des sylvicultures* - ONF, 456 p.



B2 - Futaie irrégulière

En traitement irrégulier, une régénération diffuse et un passage continu à la futaie suffisent pour assurer le renouvellement du peuplement. On vérifiera donc la présence en sous étage de l'ensemble des catégories formant le potentiel de régénération (gaulis, perchis,...), et on s'assurera que la structure du peuplement est compatible avec la régénération des espèces d'intérêt.

a. L'éclaircissement permet-il l'installation des semis ?

Il est généralement admis que 20 % de la surface devrait être couvert de semis de tous stades confondus, sauf dans le cas d'une futaie où l'on ne retrouve pas encore de semenciers (mélange de petits bois et bois moyens par exemple- voir section F1).

Pour garantir cette régénération naturelle permanente, l'élément clé est de maintenir un niveau d'éclaircissement optimal pour l'essence que l'on souhaite régénérer et donc marteler de façon à garder la surface terrière de la futaie ($C_{150} > 40$ cm ou $d_{130} > 17,5$ cm) dans la bonne fourchette. Un éclaircissement insuffisant compromettrait l'installation de la régénération naturelle souhaitée tandis qu'un éclaircissement excessif favoriserait l'installation d'autres essences ou d'une végétation potentiellement plus compétitive.

Le tableau¹ ci-contre donne les surfaces terrières optimales avant martelage pour différents types de peuplements. Pour maintenir cette surface terrière optimale, le martelage doit s'effectuer en priorité dans les très gros bois murs, qui concentrent la plus grande valeur, ainsi que dans les perches et petits bois pour que les arbres d'avenir puissent développer un houppier large et équilibré.

Surface terrière	Feuillus
15 à 18 m ² /ha	Essences de lumière
18 à 21 m ² /ha	Essences d'ombre
Surface terrière	Résineux
22 à 32 m ² /ha	Essences de lumière
27 à 37 m ² /ha	Essences d'ombre

b. La structure du peuplement est-elle adéquate pour l'installation de la régénération ?

Outre la surface terrière, la structure verticale du peuplement a aussi un rôle important. En effet, une partie non négligeable de la lumière arrivant au sol au cours d'une journée n'arrive pas zénithalement mais latéralement. Cela implique qu'un peuplement avec des classes de grosseurs variées et un couvert structuré verticalement laissera passer plus de lumière.

Par ailleurs, même si elle est proportionnellement faible par rapport à celle des étages supérieurs, la surface terrière du sous-étage peut avoir un impact considérable sur l'éclaircissement, surtout si il s'agit d'espèces tolérantes comme le charme. L'image ci-contre montre la structuration verticale d'un peuplement et la lumière pouvant pénétrer jusqu'au sol.



Marie-Laure Gaduel © CNPF

C - LA PLANTATION A-T-ELLE UN AVENIR ?

a. Qu'est ce qu'une plantation d'avenir ?

Avant toute chose, un soin important doit être apporté à la **réalisation**¹ de la plantation. En effet, de concert avec les caractéristiques du sol, la plantation impacte le développement du système racinaire qui est essentiel pour l'alimentation hydrique et minérale du plant, ainsi que pour sa stabilité. Par la suite, des facteurs extérieurs peuvent entraver la reprise de la plantation (prédation, végétation de blocage, conditions climatiques défavorables). Il est dès lors important de faire le point et de déterminer si la plantation est sur la bonne voie en évaluant sa réussite. Il faut alors différencier deux concepts :

- o Le **taux de reprise** qui est calculé la première année d'installation, souvent lié à une garantie du planteur qui est tenu d'atteindre un certain taux de survie des plants ;
- o Le **taux de réussite**, terme plus générique, qui peut être calculé dans les 2 à 3 années suivant la plantation et qui prend en compte la survie et la qualité des plants.

b. En pratique

1. Vérification suite à la plantation

Le planteur doit être en mesure de procurer un certificat de provenance des plants. **Juste après une plantation**, un contrôle de celle-ci peut être effectué par sondage. On arrache 2 à 5 plants pour 1000. Les vérifications à effectuer sont les suivantes :

- o Le plant doit être mis en place verticalement, le collet légèrement enterré ;
- o Le système racinaire ne doit pas être déformé suite à la mise en terre (p. ex. former une crosse) ;
- o Le collet ne doit pas être blessé lors du tassement de la terre ;
- o Dans le cas d'une plantation en motte, celle-ci ne doit pas dépasser du sol (enterrée de quelques cm).

2. Évaluation de la reprise des plants (diagnostic réalisé l'année de plantation)

Le taux de reprise est estimé pour évaluer le débourrement des plants et vérifier si la garantie éventuelle du planteur est engagée. On pratique cette évaluation à la **mi-juillet suivant la plantation** pour s'affranchir des risques de sécheresse estivale. Le taux de reprise peut être calculé par comptage statistique avec 3% à 10% des plants visités.

Exemple de comptage à 4 % : 1 ligne sur 25

- Numérotter les 25 premières lignes de plantation ;
- Tirer au sort une des lignes ;
- Réaliser le comptage sur cette ligne et ensuite sur la ligne présente 25 lignes plus loin et ainsi de suite jusqu'à la fin du peuplement ;
- Sur ces lignes, repérer :
 - o Les plants vivants N_v
 - o Les plants morts ou disparus (emplacement vide) N_m
 - o Différencier les plants débourrés morts (secs, frottés...) des non débourrés – morts car seuls ces derniers sont à charge du planteur si une garantie a été souscrite
- Calculer les taux de reprise via la formule suivante : $(N_v \times 100 / N_v + N_m)$

La reprise est satisfaisante dès lors que l'on obtient **plus de 80% de reprise des plants à la mi-juillet**.

3. Evaluation du taux de réussite (diagnostic réalisé à 2 ou 3 ans)

Pour évaluer l'avenir de la plantation, la même méthode que celle décrite ci-dessus peut être utilisée. On vérifiera non seulement si le plant est vivant ou mort mais également s'il présente des dégâts (gibier, ravageurs,...), des blessures, des problèmes sanitaires, ou un problème lié à la concurrence.

¹ Ministère de l'agriculture de l'agroalimentaire et de la forêt, 2014 - Guide technique réussir la plantation forestière - 3^{ème} édition



D - QUELLES SONT LES CONTRAINTES POUVANT ENTRAÎNER UN BLOCAGE DU RENOUVELLEMENT ?

Il existe différentes raisons pour lesquelles un renouvellement peut être ralenti ou même bloqué. Cette boîte à outils reprend les principales contraintes rencontrées : sol compacté (D1), végétation de blocage (D2), accumulation de matière organique (D3) ou pression de gibier trop importante (D4). Dans le cas où vous ne parvenez pas à déterminer la source du blocage, il peut être réellement utile de faire appel à un professionnel pour vous aider. A chaque contrainte identifiée correspond une ou plusieurs fiches techniques REGE reprenant les différentes méthodes existantes permettant de lever ces contraintes.

D1 - Le sol est-il compacté ?

Dans un sol compacté, la porosité totale se réduit et la circulation de l'air et de l'eau est entravée. La prospection et l'activité racinaires sont impactées, limitant l'alimentation en eau et en minéraux des plants ainsi que leur ancrage. Cette perte de porosité nuit aussi à l'activité des organismes du sol, impliqués dans la décomposition de la matière organique, le recyclage des éléments minéraux et la structuration du sol. Les différentes méthodes décrites ci-après permettent d'évaluer la compacité d'un sol ainsi que sa sensibilité à la compaction. Plus ou moins complexes, elles se complètent et les informations qui en découlent peuvent donc être recoupées.

a. Un diagnostic de sensibilité à la compaction à réaliser en amont

Pour prévenir le phénomène de tassement, il est essentiel de diagnostiquer la sensibilité au tassement en amont, et de prévoir le cahier de charge de l'exploitation en fonction. Le tableau suivant permet d'estimer cette sensibilité¹. Pour effectuer ce diagnostic, subdivisez la parcelle en fonction du relief (plateau, pente et fond de vallée) et des zones de circulation des machines, et effectuez au moins deux sondages par sous-zone. En Wallonie, il est utile de consulter au préalable la carte numérique des sols, afin d'orienter les sondages et de repérer a priori quelles zones seront les plus sensibles (voir codes dans le tableau ci-dessous). A chaque point de sondage, la sensibilité doit être évaluée sur 50 cm de profondeur, éventuellement dans chaque horizon séparément si plusieurs sont présents. L'horizon de plus grande sensibilité sera retenu pour établir le diagnostic. Le facteur humidité pouvant varier au cours de l'année, il faut dans la mesure du possible réaliser ce diagnostic à la même période que celle de l'exploitation. Des informations complémentaires sur la sensibilité et sur la manière de prévenir le phénomène de tassement sont disponibles dans le guide pratique « PROSOL », accessible sur le site de l'ONF.

Texture (première lettre du code de la série principale de la carte des sols*)	Humidité			
	Sol sec sur 50 cm de profondeur	Sol frais	Sol humide	Nappe d'eau à moins de 50 cm de la surface
Sol très caillouteux (Éléments grossiers > 50%)	●	●	●	●
Sol très sableux (sable >70%, code Z)	●	●	●	●
Argile dominante (codes: E,U)	●	●	●	●
Limon dominant et sable limoneux (codes: S,P,L,A,G)	●	●	●	●

● sol peu sensible au tassement ● sol sensible au tassement
● sol très sensible au tassement et impraticable une partie de l'année

b. Une palette de méthodes pour identifier la compacité du sol

Dans cette section, **quatre approches complémentaires** sont proposées pour poser un diagnostic sur le niveau de compacité du sol dans la parcelle à régénérer, que la compacité résulte d'une gestion inadaptée ou des caractéristiques inhérentes du sol. Des outils plus sophistiqués tels que le pénétromètre, permettent aussi d'évaluer la compacité du sol mais ne sont pas traités dans ce document.

Les différentes méthodes permettant de lever cette contrainte de compacité sont détaillées dans les **fiches techniques REGE n°3 et 6** sur le sous solage et le travail du sol.

1. Végétation indicatrice

Certaines espèces herbacées sont indicatrices du tassement d'un sol. C'est le cas des espèces reprises ci-dessous¹. Si celles-ci sont retrouvées sur la parcelle, le sol est potentiellement compacté.

Comme la végétation indicatrice peut nécessiter plusieurs années pour se développer et occuper toute la zone compactée, il conviendra d'être prudent si l'analyse porte sur une parcelle exploitée récemment.

<i>Juncus effusus</i> L. Jonc épars	<i>Juncus conglomeratus</i> L. Jonc aggloméré	<i>Persicaria hydropiper</i> L. Renouée poivre d'eau	<i>Carex pallescens</i> L. Laïche pâle
 <p>Alexandre Guerrier - CRPF Poitou-Charentes © CNPF</p>	 <p>Mireille Mouas - IDF © CNPF</p>		 <p>Sylvain Gaudin - CRPF CA © CNPF</p>
<ul style="list-style-type: none">• Héliophile ou demi-ombre, sols humides• Indicateur de sols tassés ou d'une remontée de la nappe	<ul style="list-style-type: none">• Héliophile, sols humides• Indicateur de sols acides tassés ou d'une remontée de nappe	<ul style="list-style-type: none">• Sols humides• Indicateur de sols tassés	<ul style="list-style-type: none">• Héliophile ou demi-ombre• Indicateur de sols acides tassés

2. Traces d'orniérage

De manière générale, il est possible de déduire la compaction du sol en observant la présence d'ornières et l'impact du passage de machines lourdes sur la parcelle en dehors des chemins et cloisonnements. La répartition de cette compaction est plus difficile à évaluer dans la mesure où un engin peut provoquer du tassement mais sans laisser d'ornière. Sur base d'une connaissance de l'historique de la parcelle, on peut également estimer la probabilité de tassement provoqué par la circulation d'engins lourds.

¹ Rameau J.-C., Mansion D., Dumé G., Gauberville C., 2018 - Flore forestière française, Tome 1 Plaines et collines - CNPF-IDF, 2464 p.

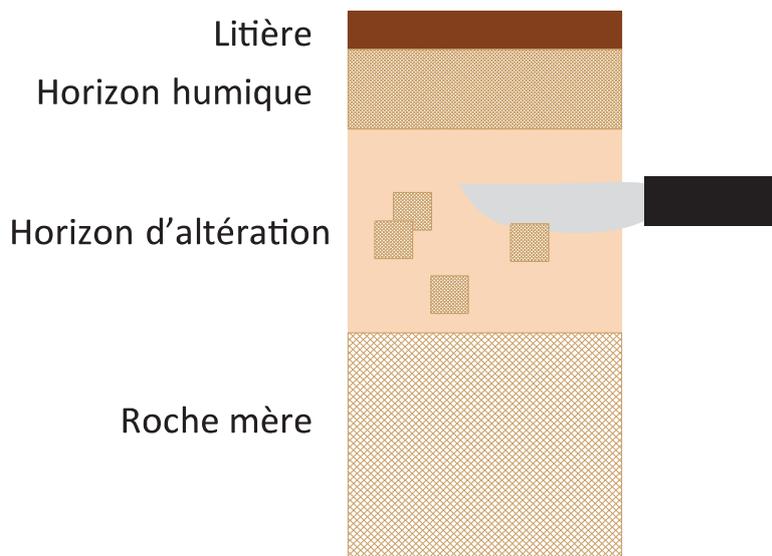
3. Technique de la canne

Cette technique très simple consiste à essayer d'enfoncer une canne de bois dans un sol frais, ressuyé. S'il n'est pas possible d'enfoncer la canne à plus de 20 à 30 cm, le sol est considéré comme compacté. La mesure doit être répétée en plusieurs points de la parcelle en vue d'obtenir une vision globale et de préciser où et comment intervenir si nécessaire. Notons toutefois que la présence de cailloux limite fortement l'efficacité de cet outil.

4. Le test au couteau

Cette méthode est réalisée sur un sol frais non engorgé et permet de déterminer la profondeur à laquelle apparait la compaction.

- o Ouvrir une mini-fosse à l'aide d'une bêche sur une profondeur de 50 cm et sur une largeur d'environ deux fers de bêche ;
- o Enfoncer un couteau d'une lame de 10 cm de long sur 1 à 2 cm de large horizontalement dans les parois de la fosse à différents niveaux du haut vers le bas. Le couteau doit être enfoncé totalement, sous un effort constant, sans à coups¹.



Comme pour la technique de la canne, il est nécessaire de répéter la mesure en plusieurs points de la parcelle.

Effets ressentis	Niveau de compacité
Enfoncement de la lame très aisé, pratiquement aucune résistance ressentie	Faible
Enfoncement de la lame nécessitant un léger effort	Moyenne
Enfoncement de la lame nécessitant un effort important et soutenu	Forte
Enfoncement de la lame entière impossible	Très forte

Toutes les essences sont impactées à partir d'une compacité forte. Selon l'essence, une compacité moyenne peut déjà s'avérer préjudiciable (fichierecologique.be).

D2 - Une végétation de blocage est-elle présente ?

a. Qu'appelle-t-on « végétation de blocage »?

Après une ouverture du couvert programmée dans le cadre du renouvellement du peuplement ou liée à une perturbation, la modification des conditions du milieu peut favoriser le développement d'espèces herbacées ou ligneuses opportunistes à croissance rapide qui exercent une série d'effets inhibiteurs sur la régénération : compétition pour l'eau, la lumière et les nutriments ; obstacle à la pénétration racinaire ou au contact de la graine avec le sol ; allélopathie ou perturbation de la nutrition ; abri pour rongeurs ou hôte de bio-agresseurs ; écrasement et déformation de la tige.

Une telle végétation peut également se développer sous le couvert d'essences intolérantes à l'ombrage, en l'absence de sous-étage couvrant, ou dans certains contextes stationnels.

On considère qu'il s'agit d'une végétation de blocage lorsque celle-ci empêche toute régénération et nécessite donc des travaux préparatoires au renouvellement, contrairement à une végétation concurrente dans laquelle une régénération est présente mais se développe avec difficulté, ce qui nécessitera alors des interventions de dégagement.

Quand un risque est identifié, il est important d'intervenir rapidement et de façon appropriée pour empêcher les effets négatifs. Il sera plus facile et plus rapide d'intervenir sur une végétation peu dense, moins haute et moins enracinée que lorsque la végétation est à son stade de développement maximal. Moins il y a de biomasse, plus il est facile et donc moins coûteux d'intervenir.

Différentes végétations pouvant potentiellement bloquer le renouvellement sont décrites dans les cadres ci-dessous.



La végétation peut avant tout être bénéfique pour le semis ou le plant. En effet, elle peut jouer le rôle d'abri et installer un microclimat favorable. Elle peut également éduquer les jeunes plants lorsque la concurrence est équilibrée.

1. Graminées, carex et joncs

Situation de blocage lorsque :

- o Présence d'un tapis continu et dense de telle sorte que le tapis semble impénétrable par les semences et recouvre une proportion importante de la zone à renouveler
- o Structure racinaire de la graminée tellement dense qu'elle présente un obstacle physique souterrain qui gêne le développement racinaire des semis ou des plants

Contextes d'apparition de ces situations :

- o Sols tassés
- o Sols hydromorphes
- o Anciennes prairies ou friches



© C. Dumont de Chassart

Site expérimental Regiowood II, Bras bas
Tapis dense de graminées

2. Fougère aigle

Situation de blocage lorsque :

- o La fougère forme une couverture suffisamment homogène et dense pour empêcher l'arrivée de la lumière au sol
- o La hauteur de la fougère est un facteur aggravant car les éventuels semis ou plants risquent de s'épuiser ou de se faire écraser avant de dépasser la fougère



© C. Dumont de Chassart

Site expérimental Regiowood II, Devantave
Peuplement de chêne envahis par la fougère aigle

Contextes d'apparition de ces situations :

- o Ouverture rapide d'un peuplement et apport de lumière au sol important
- o Peuplement d'essence(s) intolérante(s) à l'ombrage, sans sous-étage
- o Présence préalable de la fougère sur la parcelle et/ou à proximité, la fougère se reproduisant de manière essentiellement végétative

3. Végétation ligneuse

Situation de blocage lorsque :

- o Développement d'espèces à fort pouvoir compétiteur vis-à-vis des essences cibles (vitesse de croissance juvénile élevée, couvert dense et opaque, ...)
- o Malgré des effets limités dans le temps en raison de la succession forestière, ce blocage temporaire peut causer la disparition de la régénération cible présente initialement

Contextes d'apparition de ces situations :

- o Sous-étage naturel dense et couvrant (p.ex. coudrier, charme)
- o Après une mise à blanc de résineux ou de taillis simple, mise en lumière brutale du sol favorisant la colonisation d'espèces ligneuses à croissance rapide provenant du stock de graines du sol, de semenciers voisins, de rejets de souche ou de drageons.



Antoine de Lauriston © CNPF

4. Végétation semi-ligneuse : ronce, genêt à balais, myrtille, bruyère...

	Ronce	Myrtille	Genêt
Situation de blocage	<ul style="list-style-type: none"> ○ Présence d'un tapis continu et dense de sorte que la lumière ne parvient plus au semis/plant ○ Le développement de la ronce menace de provoquer des déformations aux jeunes semis/plants 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Présence d'un tapis continu et dense dans le cas d'une régénération naturelle, empêchant la graine d'atteindre le sol 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Une couverture dense empêchant l'installation d'une régénération naturelle ○ Une hauteur trop importante imposant une concurrence pour la lumière avec la plantation ○ Risque de déformation des jeunes plants, notamment lorsque des genêts plient sous le poids d'une neige collante
Contextes d'apparition de ces situations :	<ul style="list-style-type: none"> ○ Développement important en condition de forte luminosité comme après une coupe rase, en futaie claire ou sous certains types de peuplements constitués d'espèces héliophiles ○ Particulièrement vigoureuse en sol riche et bien alimenté en eau 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Sol acide ○ Sous peuplement de résineux (pins, épicéa) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ S'installe suite à une coupe rase, en pleine lumière

5. Lianes

	Clématite	Chèvrefeuille
Situation de blocage	<ul style="list-style-type: none"> ○ Couvert dense limitant l'arrivée de lumière au sol et pesant sur le recru 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Vrilles lignifiées enserrant les tiges des plants et empêchant la circulation de la sève
Contextes d'apparition de ces situations :	<ul style="list-style-type: none"> ○ Sol riche et calcaire ○ Mise à blanc d'un peuplement colonisé par la clématite 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Sol acide ○ (rarement problématique à l'échelle d'une parcelle)

6. Gestion de la végétation

Les différentes méthodes de gestion de la végétation accompagnatrice sont détaillées spécifiquement dans la **fiche technique REGE n°5**. Elles sont également traitées dans les **fiches techniques REGE n°1 et 6** qui concernent respectivement le broyage et le travail du sol. Les lianes n'y sont pas traitées, mais l'ONF (2005)¹ conseille de délianner au préalable les peuplements qui feront l'objet d'une coupe, pour éviter qu'un important stock de graines ne profite de la mise en lumière.

¹ Vinkler & al. 2005 - La clématite : une stratégie pour son contrôle - RDV technique de l'ONF n°9, 76p.

D3 - Y a-t-il une accumulation de matière organique au sol trop importante ?

a. Causes d'une accumulation de matière organique

Dans certaines conditions, on retrouve une forte accumulation de matière organique dans les couches superficielles du sol.

Cette accumulation s'explique d'abord par des facteurs climatiques et édaphiques, qui ralentissent la vitesse de décomposition des litières. La sylviculture peut exacerber l'impact des facteurs stationnels, à travers la qualité des litières (composition spécifique), l'environnement de décomposition (composition spécifique et densité du peuplement) et la modification des propriétés physiques du sol sous l'effet du tassement.

Lorsque l'accumulation de matière organique est liée à la fluctuation d'une nappe d'eau, c'est avant tout l'anoxie qui limite l'installation des semis et c'est par conséquent cette contrainte qu'il convient de lever en priorité.

Dans les autres conditions, l'accumulation de matière organique constitue un obstacle physique ou chimique pour la germination des semences et l'enracinement des semis¹.



Sylvain Gaudin © CNPF

Humus Dysmoder

b. Diagnostic

Le blocage de la régénération intervient dès lors que l'épaisseur de l'humus est telle que la germination et l'installation des semis est entravée, sans qu'un autre facteur de blocage ne puisse être incriminé (végétation, compacité, gibier), alors que la luminosité est suffisante pour permettre l'apparition d'une régénération.

Ce diagnostic pourra être confirmé par l'observation des horizons holorganiques et hemiorganiques.

Cette problématique se pose principalement dans le cas d'une régénération naturelle. Dans le cas d'une plantation, le travail du sol et la mise en lumière accélèrent la dégradation de la matière organique, tandis que le planteur met directement les racines du plant en contact avec le sol sous la couche d'humus.

c. Comment lever la contrainte ?

Les différentes méthodes de travail du sol pour lever cette contrainte sont détaillées dans la **fiche technique REGE n°6**.

D4 - Y a-t-il une pression excessive du gibier sur les plants et semis ?

a. Impacts de la pression de gibier sur le renouvellement

Certains animaux (grand gibier mais aussi léporidés et rongeurs) peuvent compromettre le succès d'une plantation ou impacter la densité, la diversité et la répartition spatiale d'une régénération naturelle.

Le déséquilibre de densité de la faune par rapport à la capacité d'accueil du milieu est une problématique très répandue dans nos régions. Le retour à un équilibre doit être recherché et passe d'abord par la réalisation de plans de tirs adaptés.

Pour déterminer la présence d'espèce(s) responsable(s) de dégât, il faut pouvoir reconnaître les indices de présence ainsi que les types de dégâts ; ceux-ci sont décrits dans la **fiche technique REGE n°7**.

b. Après installation du renouvellement

Lorsque la plantation ou la régénération naturelle est présente, des observations quantitatives sont possibles, telles que l'évaluation du pourcentage de plants abrutis par exemple.

c. Avant installation du renouvellement

Avant même la plantation ou l'installation des semis, la pression du gibier peut être évaluée via des informations générales récoltées auprès des voisins ou gestionnaires de chasse, ou par des observations (animaux, indices de présence, dégâts sur les plants et semis d'autres parcelles).

Il est également possible d'installer des enclos-exclos (de 5 m x 5 m par exemple) pour observer l'impact de l'herbivorie sur le développement de la végétation et du renouvellement. Ce système permet de démontrer si l'absence de renouvellement naturel peut être imputé au gibier et à quel type de gibier selon la protection utilisée pour réaliser l'enclos. Un seul dispositif dans une propriété peut être utilisé pour une appréciation qualitative, pour autant qu'il soit bien situé. Il doit se trouver à proximité de semenciers dans une zone où l'éclaircissement est suffisant pour permettre le développement des semis. L'installation ne demande pas de gros moyens mais le suivi doit avoir lieu sur plusieurs années pour observer un effet de l'exclusion du gibier. Pour une mesure quantitative robuste de la pression du gibier sur la régénération, un réseau beaucoup plus important de dispositifs et des mesures standardisées sont nécessaires. Un tel réseau de plus de 1000 enclos-exclos a été mis en place en Wallonie en 2016 par le DNF, le DEMNA et la SRFB et est suivi annuellement depuis. Plus d'informations sur ce réseau sont disponibles sur le site biodiversité.wallonie.be

La photo ci-contre montre un enclos-exclos avec une régénération bien installée dans l'exclos alors que la régénération semble absente à l'extérieur.

Des informations complémentaires sur les différents gibiers, les dégâts qu'ils provoquent ainsi que les moyens de lutte sont reprises dans la **fiche technique REGE n°7**.



Jean-Pierre Loudes © CNPF



Certaines essences comme le sapin pectiné, le mélèze, le merisier ou le chêne sont plus appétentes que d'autres, et seront consommées préférentiellement par le gibier.

E - MON PEUPEMENT EST-IL STABLE AU VENT ?

Les critères utilisés pour estimer la stabilité d'un peuplement régulier diffèrent pour les résineux (E1) et les feuillus (E2).

E1 - Diagnostic de stabilité d'un peuplement résineux régulier

a. Contexte de l'outil

Ci-dessous est développée une méthode de diagnostic utilisant trois zones de stabilité, définies à partir de la hauteur dominante et du diamètre moyen du peuplement. Ce diagnostic a été proposé dans les années 2000 après la tempête de 1999.

La fiabilité de ce genre d'outil ne peut pas être totale étant donné la multitude des facteurs interagissant mais il constitue un moyen simple pour une première évaluation.

Cet outil convient aux peuplement résineux réguliers.

b. En pratique¹

1. **Estimer la hauteur dominante** des 100 plus grosses tiges à l'hectare. La mesure de 4 à 5 gros arbres dans le peuplement permet d'estimer cette hauteur.
2. **Estimer le diamètre de l'arbre moyen** : Mesurer le diamètre de 10 tiges consécutives alignées (ou situées autour d'un point fixe). Le diamètre du 6^{ème} arbre (en triant les 10 mesures du plus petit au plus gros) est une bonne estimation du diamètre moyen.
3. **Rapporter les mesures sur le diagramme pour connaître la zone de stabilité**

Zone 1 : peuplement stable

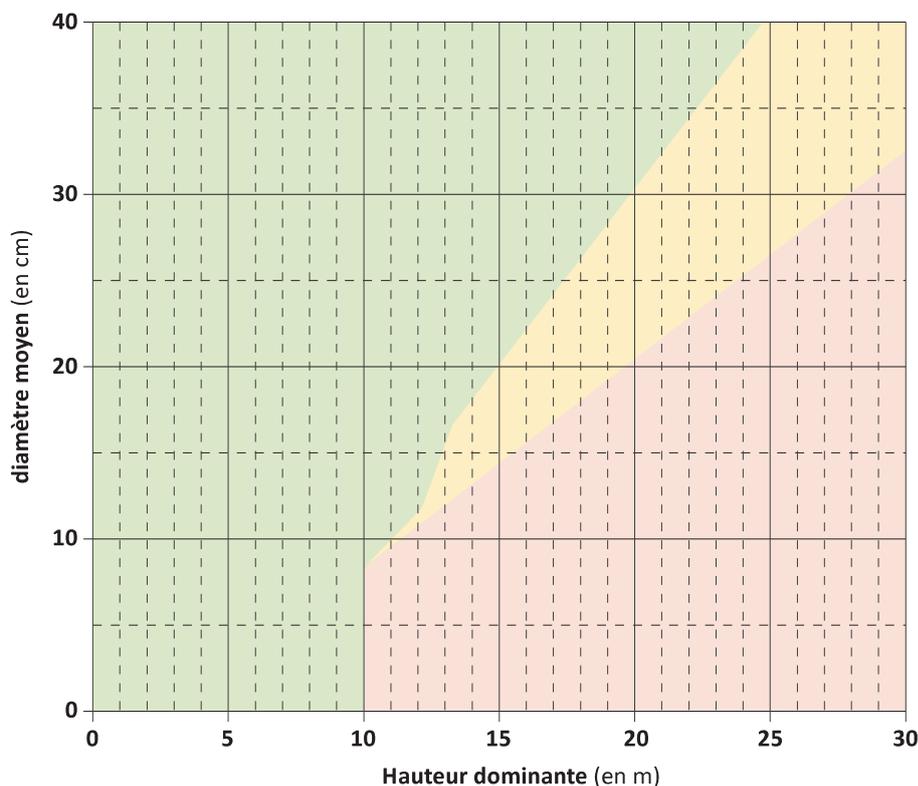
les arbres sont stables individuellement ;
le peuplement est stable quelle que soit
la sylviculture appliquée

Zone 2 : risque d'instabilité

les arbres sont instables individuellement
mais le peuplement est stable par effet
bloc si l'on ne fait pas d'éclaircie. Après
une coupe, la stabilité est rompue
jusqu'à ce que le couvert se referme
(5 ans en moyenne)

Zone 3 : peuplement instable

les arbres et le peuplement ne sont
plus stables quelle que soit la
sylviculture appliquée



E2 - Diagnostic de stabilité d'un peuplement feuillu

a. Facteurs de stabilité d'un peuplement

Pour les peuplements feuillus, le diagnostic peut prendre en compte les principaux facteurs intervenant dans la stabilité (ou l'instabilité) décrits ci-dessous.

	Facteurs de stabilité	Facteurs d'instabilité
Topographie et effet écran	<p>Une parcelle protégée par un peuplement plus haut ou par une lisière étagée.</p> <p>Situation en pente</p>	<p>Les crêtes et hauts de versants sont plus exposés, ainsi que les vallées orientées ouest-est</p> <p>Une parcelle affrontant le vent en première ligne</p> <p>Coupes rases exposant brutalement les peuplements voisins en créant une « fausse lisière »</p>
La station	<p>Un sol profond, permettant de maximiser la prospection racinaire</p>	<p>La présence d'un horizon impénétrable (roche, plancher d'argile, discontinuité texturale, nappe temporaire ou permanente)</p> <p>Une épaisseur de sol et/ou une profondeur d'hydromorphie inférieure(s) à 30 cm.</p>
Les dimensions de l'arbre	<p>Individuellement, la stabilité de l'arbre augmente :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si le pourcentage du houppier ($H_{\text{feuillée}} / H_{\text{totale}}$) est proche de 50. • Si le rapport entre les diamètres du houppier et du tronc est supérieur à 20 <p>Ces valeurs peuvent sembler contre-intuitives dans le sens où un grand houppier augmente la prise au vent. Cependant, un grand houppier est aussi lié à un diamètre plus grand et une meilleure prospection racinaire et donc, un meilleur ancrage.</p>	<p>Un facteur d'élanement élevé (H/D_{150} (m)). Il n'y a pas de valeur seuil unique, celle-ci diminuant lorsque la hauteur de l'arbre augmente.</p> <p>Une hauteur dominante importante. On peut évidemment difficilement agir sur ce dernier paramètre si le peuplement a le potentiel pour atteindre une grande hauteur. En revanche on peut adapter la sylviculture pour obtenir des arbres plus trapus.</p>

F - EST-IL OPPORTUN DE RENOUELER OU D'IRRÉGULARISER ?

F1 - Est-il opportun de renouveler ?

Les critères permettant de déterminer l'opportunité du renouvellement d'un peuplement varient selon la manière avec laquelle il est géré, et en particulier, s'il est géré en futaie régulière ou irrégulière.

a. Traitement régulier

Dans le cas d'une futaie gérée à l'aide d'un traitement régulier, on considère qu'il est envisageable de renouveler le peuplement lorsque les arbres ont, en moyenne, atteint les dimensions valorisables commercialement. Ces dimensions varient selon les essences mais, pour une essence donnée, elles peuvent dépendre de facteurs additionnels comme la fertilité du site, la stabilité du peuplement, la qualité du bois, l'état sanitaire des arbres, et les conditions du marché.

1. Belgique

Le tableau ci-dessous reprend les circonférences minimum d'exploitabilité à 1,5 m préconisées pour quelques essences de grand intérêt économique¹.

Essence	Circonférence d'exploitabilité (C ₁₅₀ en cm)
Chêne pédonculé	200 - 240
Chêne sessile	180 - 220
Hêtre	180 - 220
Epicéa	150 - 170
Douglas	150 - 200
Mélèze	150 - 180

2. France

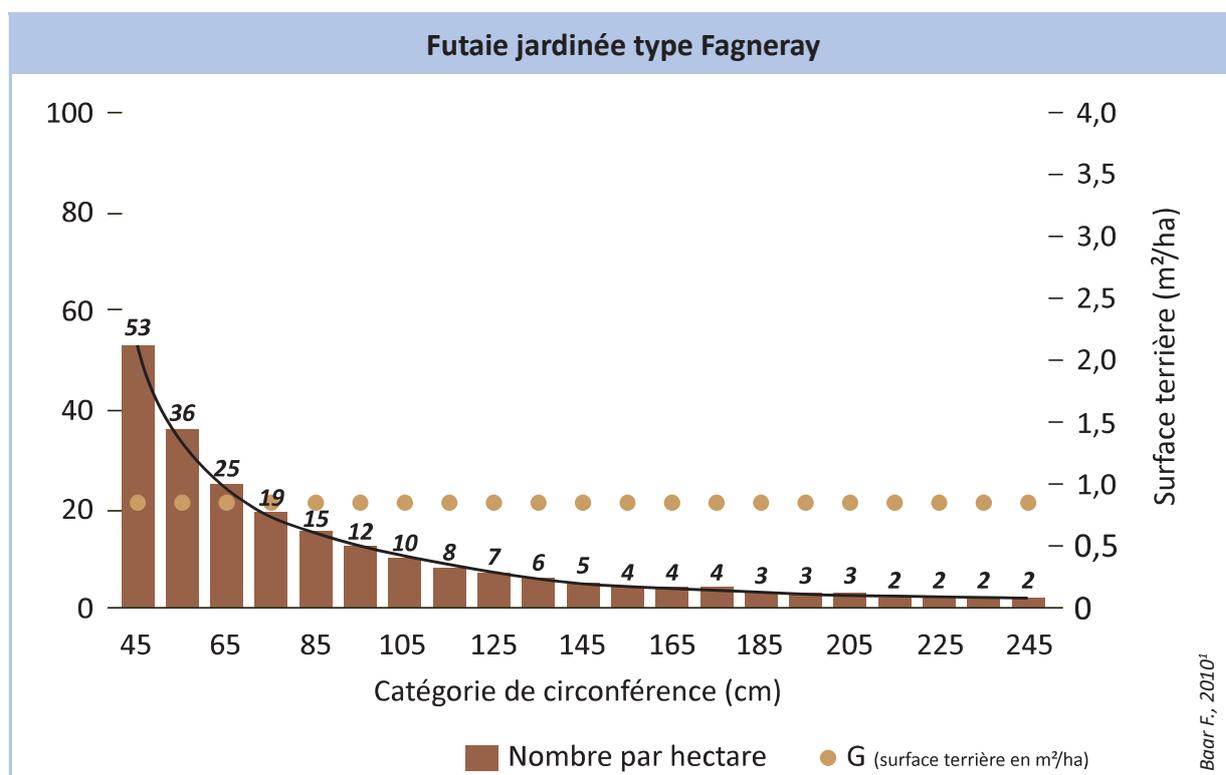
Le tableau ci-dessous reprend les diamètres minimum d'exploitabilité à 1,3 m préconisés selon les essences et la qualité des arbres du peuplement².

Essence	Haute qualité	Qualité moyenne	Faible qualité
Chêne	65- 80	50- 60	40- 45
Hêtre	60- 70	50- 55	40- 45
Epicéa, Sapin	55- 65	50- 55	35- 40
Douglas, Méleze, Pin sylvestre	65- 80	50- 55	35- 40
Frêne, Erables	55- 65	50- 55	35- 40

b. Traitement irrégulier

Dans le cas d'un peuplement géré à l'aide d'un traitement irrégulier, le renouvellement est en principe continu et n'est donc pas lié à l'obtention d'une dimension moyenne à l'échelle du peuplement. Il est sous la dépendance étroite de la surface terrière du peuplement et de la façon avec laquelle les arbres se répartissent dans les différentes catégories de grosseurs. Dans ce contexte, différents « modèles » ont été proposés pour assurer à la fois la pérennité du renouvellement et l'optimisation de la rentabilité économique¹.

Chaque modèle cherche, en particulier, à optimiser l'espace alloué aux différentes catégories de bois. Dans ce cadre, les **petits bois** doivent être suffisants pour assurer le renouvellement du peuplement et la sélection des tiges d'avenir, sans réduire trop fortement l'espace de croissance à réserver aux **bois moyens** qui ont le taux d'accroissement en volume et en valeur le plus élevé, et aux (très) **gros bois** dont la récolte assure l'essentiel des revenus.



Même si le peuplement présente au moins deux catégories de grosseurs différentes conformément aux critères retenus pour décrire la situation n°1 (voir page 4 Partie I Outil de diagnostic), il est possible que les caractéristiques actuelles ne justifient pas son renouvellement ou soient incompatibles avec celui-ci.

En absence de gros bois à récolter, dans des peuplements dominés par les petits bois et les bois moyens, le renouvellement ne sera pas recherché au risque de générer des sacrifices d'exploitabilité par la coupe d'arbres avant leur optimum économique.

Lorsque les catégories de bois en présence justifient le renouvellement, celui-ci peut-être bloqué par un excès ou un déficit de la surface terrière. Dans le premier cas, il convient de réduire progressivement le capital sur pied. Dans le second, les interventions à mettre en œuvre sont à réfléchir au cas par cas. Si le matériel sur pied est très faible et les arbres proches de leur maturité économique, une régularisation du peuplement est possible par la récolte des bois sur une période de temps limitée et, la régénération naturelle ou artificielle. Dans d'autres cas, il pourra être envisagé de régénérer le peuplement dans les vides existants ou libérés par l'exploitation des arbres arrivés à maturité économique.

¹ Baar F., 2010 - *Le martelage en futaie irrégulière feuillue ou résineuse* - Forêt Wallonne asbl, 70 p

F2 - Peut-on attendre avant d'initier l'irrégularisation du peuplement ?

a. Postulats de départ

Pour irrégulariser, il faut pouvoir disposer du temps nécessaire pour produire un petit bois, c'est-à-dire environ 20 à 30 ans. Ceci implique d'initier le processus suffisamment tôt dans le cycle sylvicole, en prenant en compte la durée de survie des arbres du peuplement en place.

Par ailleurs, comme les coupes réalisées devront non seulement assurer le grossissement des arbres en place comme lors d'une éclaircie classique, mais aussi permettre l'installation de la régénération, il faudra s'assurer que le peuplement est suffisamment stable compte-tenu des ouvertures pratiquées.

Dans le cas où l'on envisage l'irrégularisation d'un peuplement touché par une perturbation, le capital résiduel doit être suffisamment élevé.

L'irrégularisation doit aussi prendre en compte la capacité des essences objectifs à s'installer compte-tenu de la compétition exercée par d'autres essences (p. ex. fréquences des fructifications massives, tolérance à l'ombrage et vitesse de croissance juvéniles, ...) et de la pression du gibier.

Enfin, il faut que les arbres restant sur pied soient bien conformés afin que la future régénération soit de qualité génétique suffisante (voir boîte à outil G, p21).

b. Le terme d'exploitabilité est-il suffisamment éloigné ?

De manière générale, pour irrégulariser, on peut commencer le processus tôt en pratiquant des éclaircies dynamiques dès le début de la vie du peuplement sans faire de sacrifices d'exploitabilité.

Dans le cas d'un peuplement d'épicéas, l'irrégularisation est encore possible jusque 40 à 60 ans, mais devient complexe à partir de 50 ans. En effet, un peuplement d'épicéas sera rarement maintenu au-delà de 80 ans¹. Or plus le processus d'irrégularisation du peuplement commence tard, plus les derniers arbres du peuplement originel doivent être maintenus longtemps, avec les risques que ça implique en terme de détérioration de la qualité du bois et de stabilité du peuplement.

Dans le cas d'un peuplement constitué d'espèces feuillues plus longévives telles que le chêne, le peuplement peut être maintenu sur pied beaucoup plus longtemps. Cela laisse une marge de manœuvre plus importante pour tenter l'irrégularisation du peuplement.

c. Les arbres peuvent-ils rester encore de 20 à 30 ans au-delà de la maturité si celle-ci est déjà atteinte ?

Lorsque l'exploitabilité, telle que décrite au point F1, est déjà atteinte, il faut s'assurer que les arbres peuvent rester encore 20 à 30 ans sur place le temps de produire les petits bois sans risque pour la stabilité du peuplement.

G - LES SEMENCIERS SONT-ILS DE QUALITÉ ET EN QUANTITÉ SUFFISANTE ?

G1 - Les semenciers sont-ils de qualité ?

Les semenciers de qualité ne montrent pas de défauts susceptibles d'être transmis à la descendance. On retrouve parmi les défauts fortement héréditaires :

Le fil tors (ou bois tors ou fibre torse)	Les épicorniques	Les fourches répétitives / branchaison
 <p>Grégory Sajdak - IDF © CNPF</p> <p>Les fibres du bois sont disposées en spirale autour de l'axe du tronc de l'arbre. Le fil tors réduit la résistance mécanique du bois et induit des déformations. Ce défaut est réhilitaire pour les usages nobles et pénalise donc la valeur du bois.</p>	 <p>Antoine de Lauriston © CNPF</p> <p>Les formations épicorniques qui se manifestent à la surface des troncs ou des branches principales des arbres par des picots, des branches gourmandes ou de la brogne / des broussins (amas de bourgeons), sont associées à des défauts dans le bois. Leur développement est lié à l'évolution des bourgeons dormants sous l'effet de la génétique mais aussi sous l'impact de la sylviculture.</p>	 <p>Augustin Fasquel © CNPF</p> <p>La répétition des fourches est un caractère relativement héréditaire. Cependant, la fertilité de la station peut également jouer un rôle important, de même que l'éclaircissement et les faibles densités qui peuvent favoriser l'apparition de ces fourches. La finesse de la branchaison dans les peuplements d'épicéa ou de douglas peut également avoir une origine génétique.</p>



La non rectitude du tronc n'est pas un défaut héréditaire !

G2 - Les semenciers sont-ils en nombre suffisant ?

a. Nombre minimum de semenciers de qualité sur la parcelle

Lorsque les semenciers sont répartis de façon homogène sur la parcelle à renouveler, leur nombre est considéré comme suffisant lorsque :

- o **Pour la plupart des essences, 50 semenciers** de qualité sont présents par hectare.
- o **Pour des essences de feuillus précieux à graines légères ou pouvant drageonner** (frêne, érable, merisier, robinier), **10 semenciers sont présents par hectare.**
- o **Pour les chênes, 30 semenciers sont présents par hectare¹.**

Attention, il faut comptabiliser uniquement les semenciers de qualité, et exclure ceux qui présentent des défauts susceptibles d'être transmis à la régénération naturelle (voir page précédente).

Annexe - Diagnostic d'une régénération naturelle suivant le protocole REGENAT

a. Objectif de REGENAT

Cette méthode permet d'estimer globalement sur une parcelle la proportion de surface régénérée, sans vide anormaux ainsi que la densité de semis par hectare¹.

Ce diagnostic est réalisé par sondage sous forme de placettes d'échantillonnage, de forme ronde en cas d'absence de cloisonnement ou si ceux-ci sont espacés de plus de 8 m. Si les cloisonnements sont espacés de moins de 8 m, délimitez un rectangle de 6 m² entre deux cloisonnements (voir schémas à la page suivante).

- o 80 points de sondage nécessaires indépendamment de la superficie de la parcelle, disposés selon une maille régulière.
- o Différentes catégories de semis selon l'essence, la taille ou d'autres critères qualitatifs éventuels. Ces catégories doivent permettre la distinction entre semis de l'essence objectif acquis et semis accessoires d'essences secondaires ou d'accompagnement. L'opérateur définit quelles sont les catégories de semis cruciales qui détermineront si une placette est considérée comme vide anormal ou non.
- o Les semis sont dénombrés au sein de petites placettes de comptage (PC) par catégories (semis indemnes de dégâts). Le nombre de semis dans chaque catégorie est limité à 10 par placette (=16 667 par hectare pour une placette de 6 m²). Donc si forte densité, le comptage est extrêmement rapide car on dépasse facilement ce seuil et l'opérateur mentionnera directement « 10 ».
- o En absence de semis cruciaux sur la placette PC, on vérifie que la zone associée à cette placette est catégorisée comme « vide anormal ». Pour cela, on regarde dans une placette 10 fois plus grande (PV) si il existe un nombre minimum de semis cruciaux. Ce seuil est fixé arbitrairement et adapté à la hauteur de la régénération. À l'issue du test, on déclare le point de sondage comme « vide anormal » ou « non vide anormal ».
- o Par expérience, environ 0,5 homme.jour sont nécessaires pour réaliser l'inventaire d'une parcelle dans de bonnes conditions (végétation peu développée, accès à la parcelle aisé), avec un nombre de catégories de semis compris entre 4 et 6.
- o Une fois le relevé terminé, les moyennes des densités obtenues et le taux de vides anormaux sont calculés pour être comparés à des valeurs de référence.

Pour l'exemple d'une régénération en chêne, Sardin (2008) proposait les densités de référence présentées dans le tableau suivant².

Hauteur moyenne	30 à 80 cm	80 à 150 cm	1,5 à 3 m
Régénération bien engagée	> 5.000 semis/ha	> 2.000 semis/ha	> 2.000 semis/ha
Vide anormal	< 1.250 semis/ha	< 625 semis/ha	< 500 semis/ha

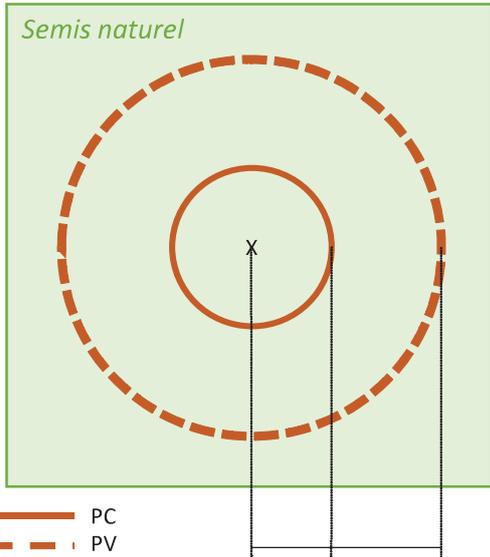
¹ Timal G., Balleux P. & Ponette Q., 2017 - *Régénérer naturellement les différents types de chênaies wallonnes en futaie régulière* - SPW-DGARNE-DNF, Namur, Belgique, 80 p

² Sardin T., 2008 - *Chênaies continentales* - Guide des sylvicultures, ONF, 456p



Cas 1

Absence de cloisonnements culturaux ou cloisonnements culturaux espacés de plus de 8 m



— PC
- - - PV

PC : placette de comptage des semis
PV : placette de diagnostic de vide anormal

Cas 2

Cloisonnements culturaux espacés de 8 m ou moins

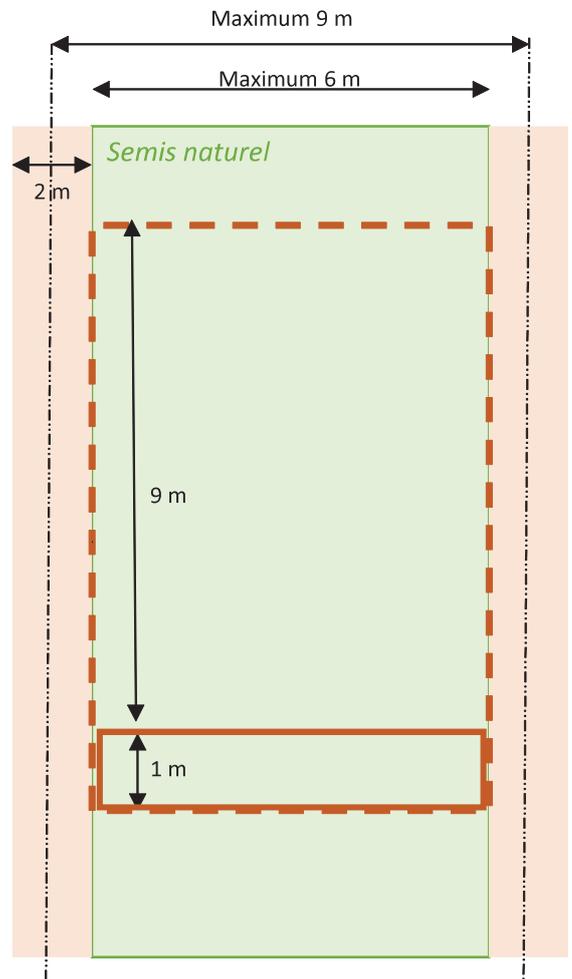
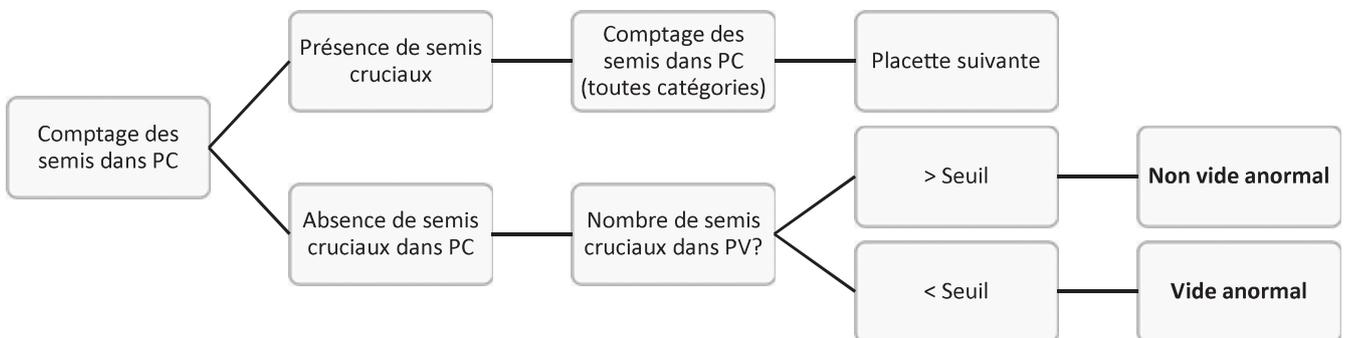


Schéma récapitulatif du protocole



Mode d'emploi

Aide à la compréhension des itinéraires sylvicoles REGE



1. Présentation

Les itinéraires sylvicoles REGE sont regroupés dans des fiches correspondant à **5 grandes familles** dont le **mode de régénération** est identique (ie. plantation après coupe rase). Les **itinéraires** de renouvellement qui les composent se différencient par des **orientations techniques** contrastées (ie. plantation en plein, plantation en cellules...). Ceux-ci se déclinent eux-mêmes en **variantes** en fonction des **contraintes sol-végétation** rencontrées et auxquelles des solutions techniques spécifiques doivent être apportées.

Le choix des itinéraires dépend initialement du contexte sylvicole, tel que défini par l'outil de diagnostic de renouvellement auquel ils sont étroitement liés. Les numéros d'identification des itinéraires correspondent aux sorties des organigrammes décisionnels de l'outil de diagnostic.

L'objectif des fiches itinéraires est de présenter de manière synoptique différentes options techniques de renouvellement envisageables, depuis la préparation du terrain jusqu'aux entretiens, en tenant compte des contraintes identifiées au départ au niveau du peuplement, de la végétation d'accompagnement et/ou du sol. Les techniques innovantes de préparation mécanisées de sol et/ou de traitement des végétations de blocage sont avancées lorsque la situation s'y prête favorablement. Pour chaque itinéraire de renouvellement et chaque variante, l'ensemble des opérations depuis le diagnostic jusqu'aux entretiens sont associées dans une démarche intégrée ; les bénéfices techniques induits par l'emploi des techniques de préparation de terrain ou du traitement d'un blocage spécifique (végétation ou sol) sont en effet répercutés sur la reprise de la plantation et le coût des entretiens. Cette démarche intégrative permet de mettre en avant des techniques de préparation couteuse au départ, dont les effets se font sentir sur plusieurs années par une économie sur les entretiens voire sur la croissance.

Les familles d'itinéraires sont structurées en différentes rubriques générales : objectifs, situations initiales (contextes des outils de diagnostic) et vues synoptiques des scénarios envisageables. Pour chaque itinéraire de renouvellement, sont détaillés les principes, les conditions initiales (peuplement, végétation), des options de préparation de terrain adaptées aux situations de blocage, les modalités de régénération et les principes des entretiens. Pour chaque variante sol-végétation, un bilan économique comparatif intégré est réalisé entre un itinéraire traditionnel et un itinéraire innovant mettant en pratique un outil de traitement spécifique du blocage (ie. fougère aigle). Enfin, un bilan sylvicole détaille une liste d'avantages et d'inconvénients associés à chaque itinéraire. Pour aller plus loin, les fiches techniques des outils auxquels les itinéraires font référence sont renseignées au lecteur.

Les contextes initiaux sont nombreux mais ne sont pas exhaustifs. Il convient donc de considérer ces itinéraires comme un outil d'aide à la décision pour mieux réussir ses régénérations.

Itinéraires sylvicoles REGE n°1 : Renouveau artificiel sous couvert en traitement irrégulier

1A : Plantation en bloc dans les trouées

1B : Plantation par points d'appui à faibles effectifs

1C : Plantation par points d'appui à effectifs élevés

Itinéraires sylvicoles REGE n°2 : Plantation après coupe rase

2A : Plantation en plein par lignes

2B : Plantation en plein à larges écartements sur bandes travaillées

2C : Plantation en plein par points d'appui à effectifs élevés

2D : Plantation en plein par points d'appui à faibles effectifs

2E : Plantation à faible densité dans un recrû naturel

Itinéraires sylvicoles REGE n°3 : Régénération naturelle des futaies régulières et irrégulières

3A : Régénération naturelle en futaie irrégulière

3B : Régénération naturelle en futaie régulière

Itinéraires sylvicoles REGE n°4 : Régénération naturelle enrichie en traitement régulier

4A : Régénération naturelle enrichie par points d'appui à faibles effectifs

4B : Régénération naturelle enrichie par plantation à faible densité

Itinéraires sylvicoles REGE n°5 : Rattrapage d'une plantation par une régénération naturelle d'opportunité

Les points d'appuis correspondent à des groupes de plants dont le nombre peut varier de quelques individus jusqu'à 30, et répartis sur le terrain de manière géométrique.

On parle de points d'appuis à faibles effectifs pour mentionner des groupes de 5 à 7 plants espacés de plus de 6 m. Ce schéma s'adapte assez bien aux zones relativement étroites, hétérogènes, de formes ou de dimensions variables, dans lesquelles l'homogénéité de la répartition spatiale est recherchée. Il peut s'agir d'un enrichissement ou d'une plantation, selon qu'il y ait ou non la présence d'une régénération naturelle préexistante. Les points d'appuis à effectifs élevés correspondent à des groupes de 20 à 30 plants, espacés de plus de 12 m sur la parcelle. Elles s'adaptent aux parcelles dépourvues de végétation ligneuse dont la superficie est souvent importante.

Les termes de cellules, klumps, ilots ou nids sont souvent utilisés pour nommer des points d'appuis de dimension variable, sans qu'une définition standard ne soit admise.

2. Contenu

Les fiches des familles d'itinéraires sont divisées en deux sections :

- o objectifs, situations concernées et vue synoptique du contexte ;
- o itinéraires de renouvellement et variantes.

a. Objectifs

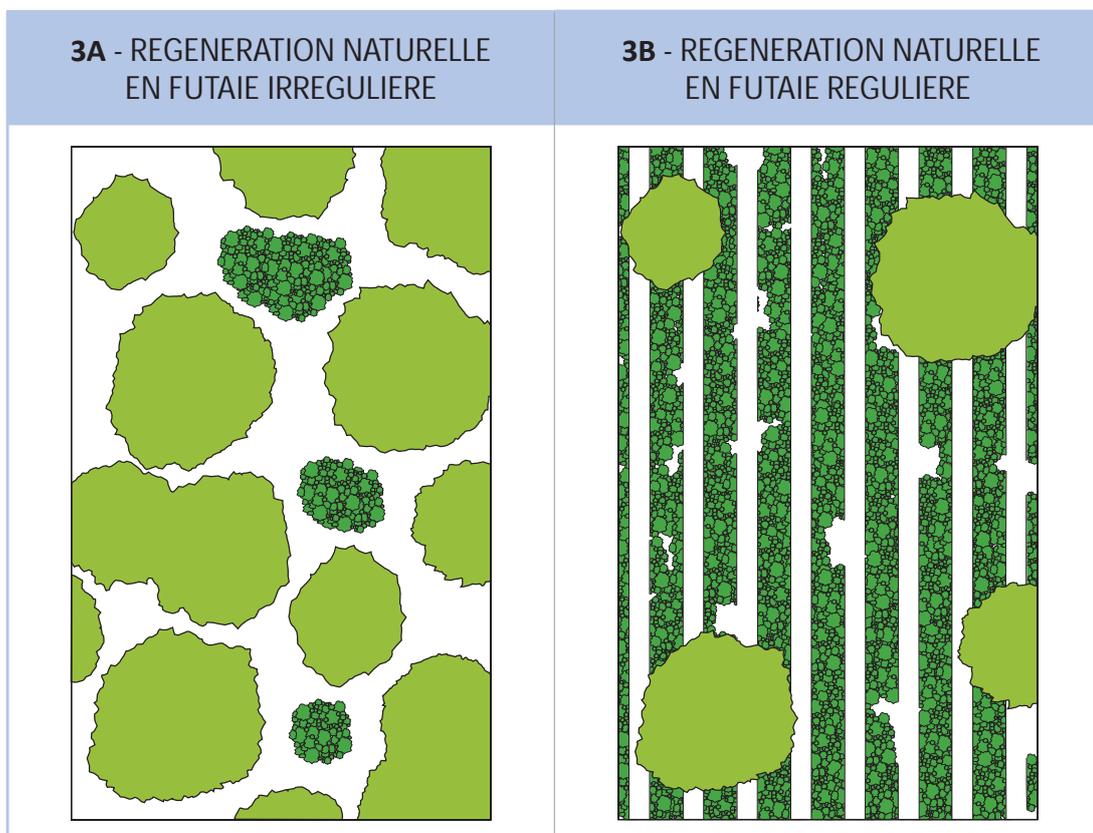
Les objectifs de chaque famille d'itinéraires sont donnés de manière générale en lien avec le contexte sylvicole prédéterminé (voir outil de diagnostic REGE).

b. Situations concernées par ces itinéraires

Les situations listées pour chaque famille d'itinéraire correspondent à un ensemble de contextes sylvicoles différents auxquels les itinéraires sont adaptés. Elles correspondent également aux résultats du diagnostic de renouvellement auxquels le praticien aboutirait en suivant l'outil dédié.

c. Vue synoptique

Des schémas, en vue aérienne, présentent de manière intuitive le contexte sylvicole et les grands traits des différents itinéraires. Le choix du praticien peut être conditionné par le traitement lui-même ou par des critères plus subjectifs.



d. Les itinéraires

Principes

La première rubrique décrit en quelques mots les caractéristiques techniques de l'itinéraire.

Conditions initiales

Les conditions initiales sont définies d'après le traitement, les caractéristiques du peuplement, la nature de la végétation en sous-étage ou d'autres critères particuliers.

Préparation de terrain

D'une manière générale, la préparation de terrain regroupe les opérations de traitement des rémanents et/ou des souches, le traitement éventuel des végétations de blocage ou encore la résolution de problématiques de compacité du sol. Certaines opérations peuvent être réalisées conjointement en une seule intervention, ou nécessiter des interventions complémentaires avec des outils spécifiques. Dans le cadre des itinéraires présentés, le choix des techniques préparatoires est adapté au contexte peuplement-station dans lequel se trouve le praticien, ainsi qu'au choix du mode de renouvellement voire aux modalités techniques particulières.

Les solutions techniques proposées sont axées prioritairement sur l'innovation technique (nouvel outil) ou méthodologique (réemploi d'un outil déjà existant) et ne sont bien évidemment pas exhaustives. La principale limite que pourrait rencontrer le sylviculteur vis-à-vis de certains outils est liée à l'équipement matériel des entreprises de travaux forestiers locales.

Plantation

Le volet plantation précise les modalités techniques associées à l'itinéraire : densité, écartement entre les plants, nombre de potets, disposition des essences en cas de mélange...

La nécessité d'une pose de protections contre le gibier est donnée à titre indicatif, tenant compte du niveau d'exposition théorique des plants dans la modalité de régénération. Aux praticiens d'évaluer le risque de dégâts en fonction de l'espèce de gibier, de sa densité, et des conditions locales de végétation.

Entretiens

Les entretiens de la régénération concerne les opérations de dégagements (0 à 3 m de hauteur), les nettoiemens-dépressages (> 3m de hauteur), les tailles de formation et les élagages.

Les interventions préconisées dépendent des spécificités de chaque itinéraire. Les avantages tirés de la mise en œuvre de techniques spécifiques de lutte contre la végétation sont également soulignés lorsque leur mise en œuvre génère une économie en matière d'entretiens sur le moyen terme.

Bilan économique

Principes

Le coût total de chaque itinéraire / variante de végétation a fait l'objet d'une évaluation comparative par rapport à des itinéraires techniques de plantation de référence, inspirés des pratiques courantes, pour des conditions identiques (peuplements, rémanents, végétation et sol).

Les scénarios ont été établis en intégrant les travaux préparatoires, la plantation et les dégagements jusqu'à 3 m de haut. Le traitement des végétations de blocage ou des contraintes de compacité est proposé sur base d'une sélection d'outils efficaces, souvent innovants, parfois très récents, dont l'existence sur le marché local peut être limitée. Cette sélection n'a pas vocation à être exhaustive.

Tous les itinéraires sont axés sur la plantation d'une même essence, le chêne sessile, et pour des plants à racines nues. Les densités de plantation sont identiques modalité par modalité.

Les coûts unitaires de chaque type d'opération ont été arrêtés à partir d'une vaste recherche documentaire sur le marché des entreprises de travaux forestiers en France et en Belgique. **Les coûts sont donnés à titre tout à fait indicatif et doivent être considérés avec certaines précautions.** En effet, le prix des travaux peut connaître une certaine variabilité selon la zone géographique, le nombre d'entreprises actives dans chaque domaine, les caractéristiques du chantier (superficie, accessibilité, dispersion...) et l'existence de diverses contraintes internes ou externes.

L'intérêt des bilans économiques réside dans l'évaluation intégrée de toutes les opérations jusqu'à 3 m de haut. Ils permettent de souligner les économies qui peuvent être réalisées globalement sur les entretiens lorsque certaines techniques de préparation de terrain spécifiques (souvent plus coûteuses au départ) sont mises en œuvre, en comparaison avec des préparations de terrain plus conventionnelles.

Itinéraires techniques de régénération conventionnels (base comparative)

Les itinéraires conventionnels choisis pour servir de base comparative sont axés sur la **plantation en plein après coupe rase**. Ils se différencient par la **contrainte de la végétation et/ou du sol**. Cinq contextes sont considérés :

- Parcelle avec rémanents et envahissement de ronces ;
- Parcelle avec rémanents et envahissement de graminées ;
- Parcelle avec rémanents et envahissement de fougère aigle ;
- Parcelle avec rémanents et présence d'une végétation ligneuse, résiduelle (sous-étage) ou émergente (recru naturel) ;
- Parcelle au sol compacté et envahie de végétation herbacée.

Les paramètres utilisés sont les suivants :

- Gyrobroyage en plein : tracteur et broyeur à dents fixes
- Décompactation en plein (lignes) : dents de sous-solage portée sur minipelle avec scarification localisée de la végétation
- Plantation : 2 x 2,5 m soit 2000 plants /ha
- Dégagements : 3 à 4 dégagements manuels sur ronces et graminées, 4 à 5 sur végétation ligneuse, 6 à 8 sur fougère aigle, 0 à 2 sur sol compacté après traitement spécifique
- Des regarnissages significatifs pour les contextes à fougère aigle et graminées

Itinéraires techniques de régénération « innovants »

Le scénario suivi pour chaque itinéraire et chaque variante sol-végétation est étroitement lié à la technique de préparation de terrain mise en œuvre, elle-même conditionnée par les caractéristiques du peuplement et des conditions du milieu. Pour un même type de végétation, le type de technique est adapté au schéma de régénération recherché (ie. plantation en plein ou par cellules).

Les types de préparation de terrain et modalités pratiques prises en compte sont présentées dans le tableau ci-après.

Paramètres utilisés pour les plantations :

- Espacement plantation sur préparation de terrain en bandes travaillées au Scarificateur Réversible® dans la fougère : 2 x 4 m
- Espacement plantation sur préparation de terrain en bandes travaillées avec outil scarificateur (ie. Pioche-Herse, Regedent) : 2 x 2,5 m
- Points d'appuis à faible effectifs : dimension placeaux 3 x 3 m, 5 plants/cellule (1 m d'écartement), 273 cellules/ha (espacement 6,5 m) soit 1367 plants/ha
- Points d'appuis à effectifs élevés : dimension placeaux 5 x 5 m, 25 plants/cellule (1 m d'écartement), 51 cellules/ha (espacement 15 m) soit 1283 plants/ha

Itinéraires sylvicoles REGE n°1 – Renouveau artificiel

Itinéraires	Variante	Préparation de terrain	Modalités
1A – Régénération en blocs dans les trouées	Graminées et/ou sol compacté	Minipelle + outil de décompactage / scarification	Bandes de 0,8 à 1,5 m de large tous les 2,5 m
	Fougère aigle	Extraction de rhizomes minipelle + Scarificateur Réversible®	Bandes de 1,5 m de large tous les 4 m
	Ronces	Peignage tracteur + Chisel en plein	Surface des trouées
	Ligneux	Tracteur - broyage ligneux	
1B – Plantation par points d'appuis à faibles effectifs	Ligneux (faible développement)	Broyage à la pelle mécanique	Placeaux de 3 x 3 m tous les 6-7 m
1C – Plantation par points d'appuis à effectifs élevés	Graminées et/ou sol compacté	Minipelle + outil de décompactage / scarification	Placeaux de 5 x 5 m tous les 15 m
	Fougère aigle	Extraction des rhizomes à la minipelle + Scarificateur Réversible®	
	Ronces	Scarification à la minipelle + outil scarificateur	

Itinéraires sylvicoles REGE n°2 – Plantation après coupe rase

Itinéraires	Variante	Préparation de terrain	Modalités
2A – Plantation en plein par lignes	Ronces, absence rémanents	Peignage tracteur + Chisel en plein	En plein
	Rémanents et/ou ligneux	Tracteur - broyage ligneux	
	Graminées, absence de rémanents	Scarification tracteur + Chisel ou Cover-Crop	
2B – Plantation en plein à larges écartements sur bandes travaillées	Ronces, graminées, petits ligneux	Scarification à la minipelle + outil scarificateur	Bandes de 0,8 à 1,5 m de large tous les 2,5 m
	Fougère aigle	Extraction de rhizomes minipelle + Scarificateur Réversible®	Bandes de 1,5 m de large tous les 4 m
2C – Plantation en plein par points d'appuis à effectifs élevés	Ronces, petits ligneux, graminées, éventuellement sols compactés	Scarification et travail du sol à la minipelle + outil scarificateur	Placeaux de 5 x 5 m tous les 15 m
	Fougère aigle	Extraction de rhizomes minipelle + Scarificateur Réversible®	
	Recrû ligneux	Pelle mécanique + broyeur	
2D – Plantation en plein par points d'appuis à faibles effectifs	Ligneux	Pelle mécanique + broyeur	Placeaux de 3 x 3 m tous les 6-7 m
2E – Plantation à faible densité dans le recrû naturel	Ligneux	Tracteur - broyage de cloisonnements cultureux + rabattage en hauteur des bandes	Bandes de recrû naturel de 3 m de large tous les 5 m, séparées par des cloisonnements de 2 m

Itinéraires sylvicoles REGE n°3 – Régénération naturelle des futaies régulières et irrégulières

Itinéraires	Variante	Préparation de terrain	Modalités
3A – Régénération naturelle en futaie irrégulière	Fougère aigle	Extraction de rhizomes minipelle + Scarificateur Réversible®	Placeaux de 5 x 5 m tous les 15 m
	Ligneux	Minipelle mécanique + broyeur	
	Graminées et humus brut	Scarification et travail du sol à la minipelle + outil scarificateur	
	Ronces		
	Sols compactés et végétation herbacée	Minipelle + outil décompacteur-scarification	
3B – Régénération naturelle en futaie régulière	Ligneux	Exploitation sous-étage et andainage des rémanents	En plein
	Ronces	Peignage tracteur + Chisel en plein	Bandes de 1,5 m de large tous les 2,5 m
	Graminées, myrtilles, genêts	Minipelle + outil scarificateur	
	Fougère aigle	Extraction de rhizomes minipelle + Scarificateur Réversible®	
	Sols compactés	Pelle mécanique + outil de sous-solage	Bandes de 1,5 m de large tous les 4 m

Itinéraires sylvicoles REGE n°4 – Régénération naturelle enrichie en traitement régulier

Itinéraires	Variante	Préparation de terrain	Modalités
4A - Régénération naturelle enrichie par points d'appui à faibles effectifs	Fougère aigle	Extraction de rhizomes minipelle + Scarificateur Réversible®	Placeaux de 3 x 3 m tous les 6-7 m
	Ronces, petits ligneux	Scarification à la minipelle + outil scarificateur	
	Graminées, myrtilles, genêts		
	Sols compactés	Minipelle + outil de sous-solage	
4B - Régénération naturelle enrichie par plantations à faible densité	Fougère aigle	Extraction de rhizomes minipelle + Scarificateur Réversible®	Bandes de 1,5 m de large tous les 5 m
	Ronces, petits ligneux	Scarification à la minipelle + outil scarificateur	
	Graminées, myrtilles, genêts		
	Sols compactés	Minipelle + outil de sous-solage	Bandes de 2 m de large tous les 5 m

Itinéraires sylvicoles REGE n°5 – Rattrapage d’une plantation par une régénération naturelle d’opportunité

Itinéraires	Variante	Préparation de terrain	Modalités
5 - Rattrapage d’une plantation par une régénération naturelle d’opportunité	Fougère aigle	Extraction de rhizomes minipelle + Scarificateur Réversible®	Bandes de 1,5 m de large tous les 5 m
	Ronces, petits ligneux	Scarification à la minipelle + outil scarificateur	
	Graminées, myrtilles, genêts		
	Sols compactés	Minipelle + outil de sous-solage	

Le bilan économique indicatif compare le cout total hors TVA et par hectare, les itinéraires « innovants » (en vert) et les itinéraires conventionnels (en rouge). Des échelles de valeurs (minimum- maximum) sont ramenées sur une échelle graduée en k€.

La légende figurant sur les graphiques doit se comprendre comme suit : [nature du travail de préparation de terrain]/[schéma de plantation]

Le sigle IT signifie itinéraire technique.

Les schémas de plantation sont :

- « en plein » pour les plantations en plein après coupe rase ou les plantations de trouées importantes
- « par petits placeaux » : points d’appuis à faible effectifs
- « par grands placeaux » : points d’appuis à effectifs élevés

fougères : **IT extraction rhizomes/grands placeaux** vs **IT broyage/en plein**



Exemple : bilan économique Itinéraire 1A

sols compactés : **IT sous-solage & scarification /petits placeaux** vs **IT sous-solage /PL en plein**



Exemple coûts partiellement superposés : bilan économique Itinéraire REGE 4A

Bilan sylvicole

Le bilan sylvicole énonce les avantages et les inconvénients cultureux de chaque itinéraire, sans distinction de variantes.

Référentiel fiches techniques REGE

Les références aux fiches techniques mentionnés dans chaque itinéraire sont indiquées pour plus d’informations.

Itinéraires sylvicoles REGE n°1

Renouvellement artificiel sous couvert en traitement irrégulier



Objectifs

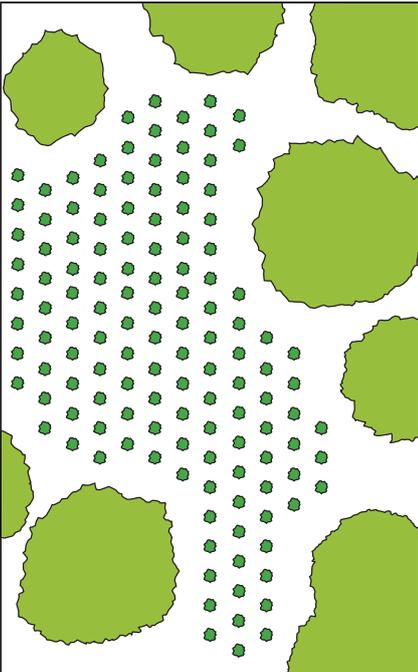
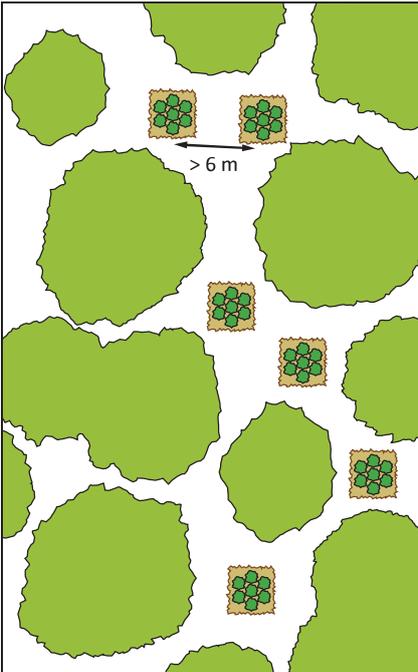
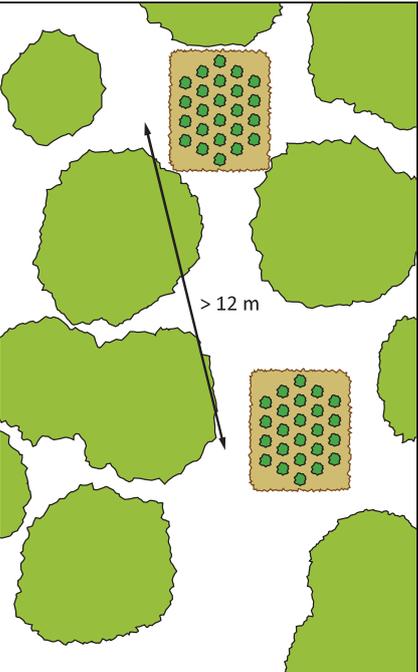
Les objectifs de cette gamme d'itinéraires sont d'assister le renouvellement d'une futaie irrégulière ou soumise à un traitement irrégulier, en introduisant des plants d'une essence objectif en sous-étage, à titre principal ou en complément d'une régénération naturelle préexistante.

Situations concernées par ces itinéraires

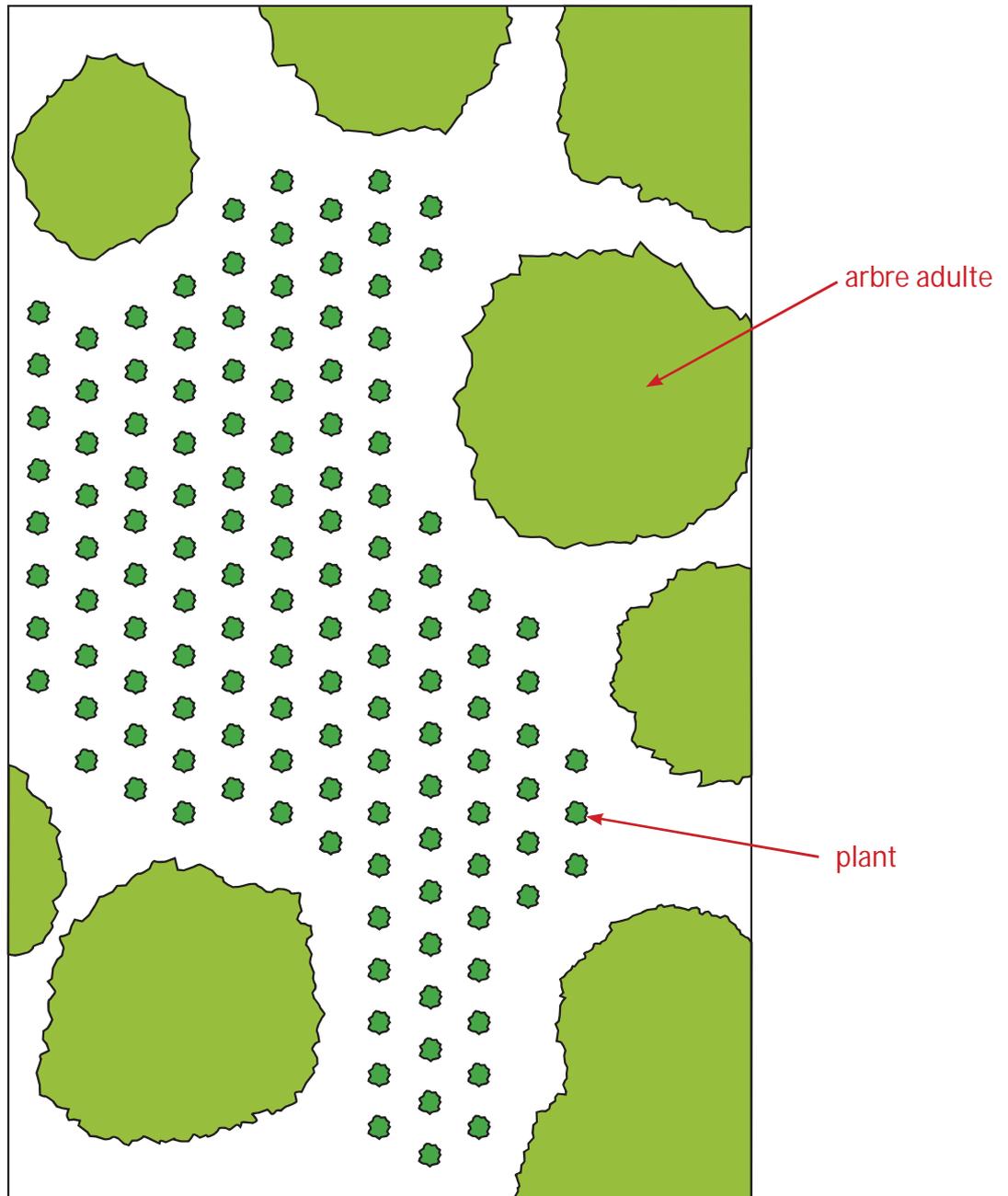
Les peuplements concernés doivent disposer d'ouvertures plus ou moins larges :

- o futaies irrégulières dépourvues de régénération
- o futaies irrégulières dont la régénération n'est pas souhaitée (non objectif) ou souhaitable (station inadaptée, mauvaise génétique des semenciers)

Vue synoptique

1A - PLANTATION EN BLOCS DANS LES TROUEES	1B - PLANTATION PAR POINTS D'APPUI À FAIBLES EFFECTIFS	1C - PLANTATION PAR POINTS D'APPUI À EFFECTIFS ELEVÉS
		
<p>➔ page 56</p>	<p>➔ page 59</p>	<p>➔ page 61</p>

1A - PLANTATION EN BLOCS DANS LES TROUEES



Principes

Plantation de zones à écartements conventionnels dans de larges trouées disséminées au sein du peuplement

Conditions initiales

Trouées **larges** (zones ruinées au sens forestier)

Régénération absente, clairsemée ou non envisagée

Risque de développement d'une **végétation herbacée ou ligneuse de blocage** en raison de l'importance de la lumière au sol (potentiellement variée)

Préparation de terrain

Mixte ronces et recru ligneux :

- gyrobroyage en plein avec tracteur

Dominante ronces :

- peignage au tracteur (chisel)

Dominante graminées :

- peignage au tracteur (chisel)
- outils de décapage & scarification montés sur (mini)pelle mécanique (Régédent®, Pioche-Herse®)

Sol compacté avec graminées :

- outils mixte de sous-solage avec décapage du sol montés sur pelle mécanique (ie. sous-soleur multifonction®, Scarificateur Réversible®, Bident Maillard, Modul'D®)
- outils combinés de sous-solage et travail du sol (DB10®), montés sur pelle mécanique

Dominante fougère aigle :

- outil de scarification des rhizomes monté sur (mini)pelle mécanique (Scarificateur Réversible®)

Plantation

Plantation > 10 m du pied des arbres de bordure

En cas de préparation de terrain à la pelle mécanique (contexte graminées, fougère ou sol compacté) : bandes préparées de 1,5 à 2 m de large tous les 4 m selon la technique → 1.250 à 1.430 plants/ha

Entretiens

Relever sur plan les zones régénérées pour le suivi à terme.

Dégagements annuels à suivre les premières années.

Economie de dégagements si un travail mécanisé du sol a été réalisé (démarrage plus rapide).

Economie de dégagements en contexte de fougère si une scarification a été réalisée préalablement.

Bilan économique

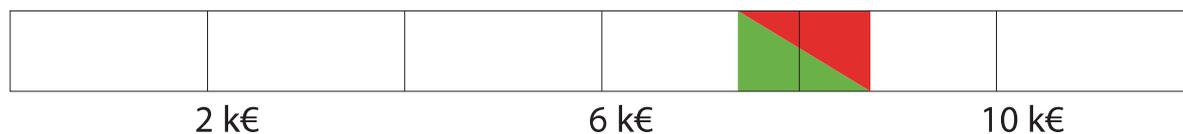
graminées : **IT scarification/PL en plein** vs **IT broyage/en plein**



fougères : **IT extraction rhizomes/en plein** vs **IT bandes vs broyage/en plein**



ligneux : **IT broyage/en plein** vs **IT broyage/en plein**



ronces : **IT peignage/en plein** vs **IT broyage/en plein**



Bilan sylvicole

Avantages

- o suivi des plantations facilitées par la taille des blocs régénérés
- o modalités de préparation et de plantation similaires à celles de la régénération en plein découvert

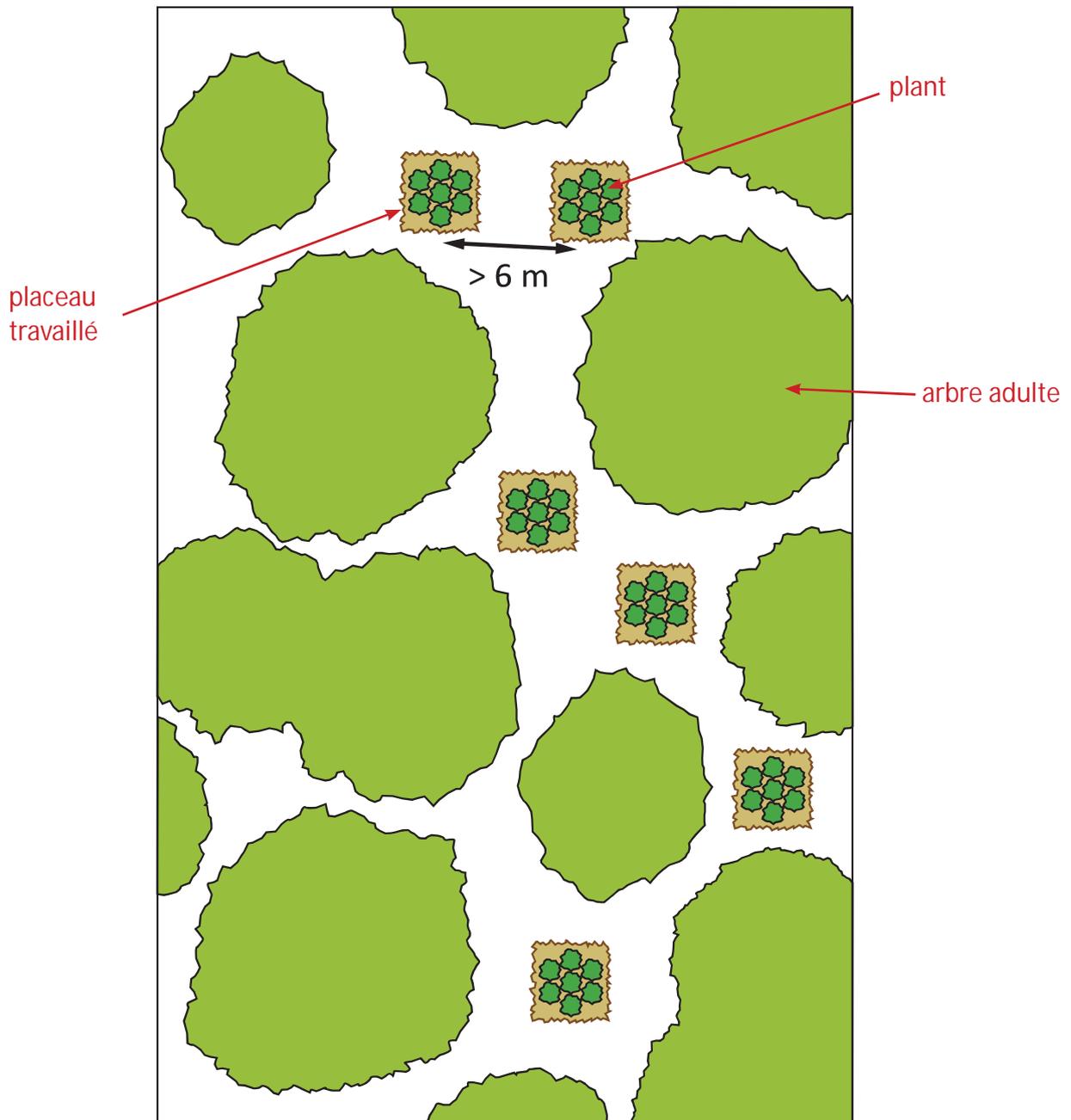
Inconvénients

- o nécessité de disposer de trouées suffisamment larges, risques de déformation des plants (phototropisme)
- o besoins en plants plus importants que les points d'appui

Référentiel fiches techniques REGE

Broyage, Sous-solage, Gestion de la Végétation d'accompagnement

1B - PLANTATION PAR POINTS D'APPUI À FAIBLES EFFECTIFS



Principes

Plantation de petits groupes de 5 à 7 plants, espacés de plus de 6 m dans les ouvertures du peuplement

Conditions initiales

Ouvertures de la canopée de taille variable, souvent assez réduite

Végétation dominée par les ligneux

RN indésirable (non souhaitée, génétique, station)

Ou

Recrû ligneux sans valeur d'avenir mais assez dense

Dans tous les cas, **pas de problématique de fougère, de ronces ou de graminées**

Préparation de terrain

Dominante ligneux :

surface placeaux 3 x 3 m

- débroussaillage manuel (débroussailleuse à lame Widia ou tronçonneuse)
- broyage/fraisage par placeaux via minipelle, chargeuse compacte ou robot radiocommandé

Plantation

Plantation d'une seule essence par point d'appui

Ecartements entre plants : 0,5 à 1 m

Densité maximale (localement) : 273 placeaux/ha soit 1.365 plants/ha

Protections individuelles contre le gibier recommandées (protection et repérage en entretien)

Entretiens

Repérage des plants facilités par les protections individuelles

L'ouverture de layons culturels facilite les entretiens

Dégagements manuels classiques nécessaires contre les ligneux, localisés autour des points d'appuis

Bilan économique

ligneux : **IT broyage minipelle/petits placeaux** vs **IT broyage/en plein**



Bilan sylvicole

Avantages

- o réduction des coûts de préparation de terrain et d'installation par rapport à la plantation surfacique
- o compromis entre la plantation surfacique et les points d'appui à effectifs élevés
- o adaptés aux faibles ouvertures et couloirs étroits
- o meilleure répartition spatiale
- o permet de valoriser la régénération naturelle intercalaire potentielle
- o revenus intermédiaires plus importants qu'en cas de groupes espacés tous les 15 m

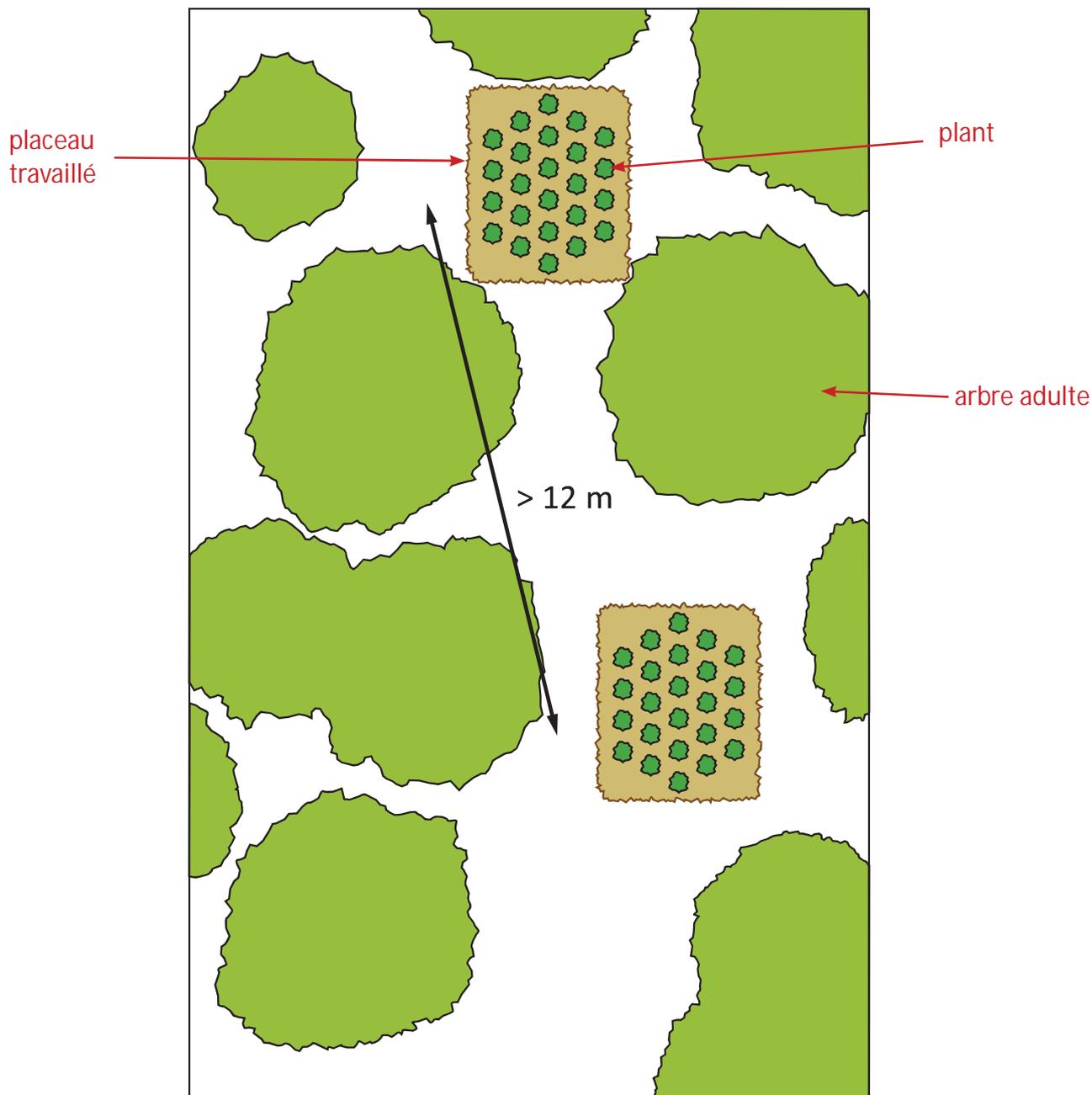
Inconvénients

- o protections gibiers requises en cas de pression des cervidés vu le faible nombre de plants par point d'appui
- o risque de perte des plants dans le recru
- o suivi des points d'appuis plus exigeant avec de faibles effectifs

Référentiel fiches techniques REGE

Broyage, Sous-solage, Gestion de la Végétation d'accompagnement, Travail du sol

1C - PLANTATION PAR POINTS D'APPUI À EFFECTIFS ELEVÉS



Principes

Plantation de groupes de 20 à 30 plants, espacés de plus de 12 m
Plus intéressant que les cellules de faible effectif en l'absence de recrû

Conditions initiales

RN déficitaire ou absente

Absence de recrû ligneux, d'où risque de développement d'une végétation herbacée de blocage

Ouvertures de la canopée de taille moyenne, permettant l'installation de plants en groupes relativement importants

Préparation de terrain

Dominante ronces :

- scarification sur minipelle mécanique (Régédent®, Pioche-Herse®)
- débroussaillage manuel (lames à dents recourbées de type « couteau broyeur »)

Dominante graminées :

- scarification sur pelle mécanique (Régédent®, Pioche-Herse®)

Sol compacté avec graminées :

- outils mixte de sous-solage avec décapage du sol montés sur pelle mécanique (ie. sous-soleur multifonction®, Scarificateur réversible®, Bident Maillard, Modul'D®)
- outils de sous-solage combinés (DB10®), montés sur pelle mécanique

Dominante fougère aigle :

- scarification sur pelle mécanique (Scarificateur Réversible®)

Plantation

2 options :

- Une seule espèce par groupe
- Une espèce objectif au centre (n=9,) et une espèce d'accompagnement en bordure (n =16)

Ecartement entre plants : 0,25 (**nids**) à 1,5 (2) m (**cellules**)

Moyenne : 51 cellules/ha soit 1.275 plants/ha si 25 plants/groupe

Protections individuelles ou globales contre le gibier (clôture du point d'appui) recommandées

Entretiens

Le nombre élevé de plants facilite le repérage des groupes

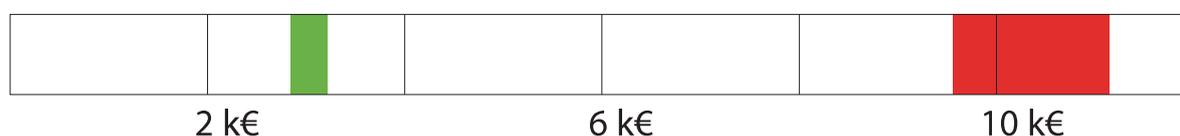
densités élevés → permettent dans chaque groupe de s'affranchir plus rapidement de la concurrence des végétations grâce à la fermeture plus rapide du couvert → économie de dégagements

Bilan économique

graminées : **IT scarification/grands placeaux** vs **IT broyage/en plein**



fougères : **IT extraction rhizomes/grands placeaux** vs **IT broyage/en plein**



ronces : **IT scarification/grands placeaux** vs **IT broyage/en plein**



Bilan sylvicole

Avantages

- 0 réduction des coûts de préparation de terrain et d'installation par rapport à la plantation surfacique
- 0 permet la mise en œuvre de techniques efficaces de traitement de la fougère aigle ou des graminées, ainsi que la décompaction du sol
- 0 ne nécessite pas de gyrobroyage des rémanents
- 0 repérage facilités par la dimension des groupes
- 0 concentration des travaux d'entretien (économie de temps)
- 0 facilitation de la qualification des tiges d'avenir au sein des points d'appui
- 0 favorise l'installation et la possibilité de valorisation de semis naturels en intercalaire
- 0 économie possible de protections gibiers

Inconvénients

- 0 pas de production de bois d'œuvre avant la coupe finale (1 seul arbre objectif par groupe de 20 à 30 plants)
- 0 risque de déformation des plants en bordure (effet de lisière en l'absence de végétation ligneuse d'accompagnement)
- 0 risques de vides sur la parcelle en cas de dégâts sur les arbres objectif

Référentiel fiches techniques REGE

Sous-solage, Gestion de la végétation d'accompagnement

Itinéraires sylvicoles REGE n°2

Plantation après coupe rase



Objectifs

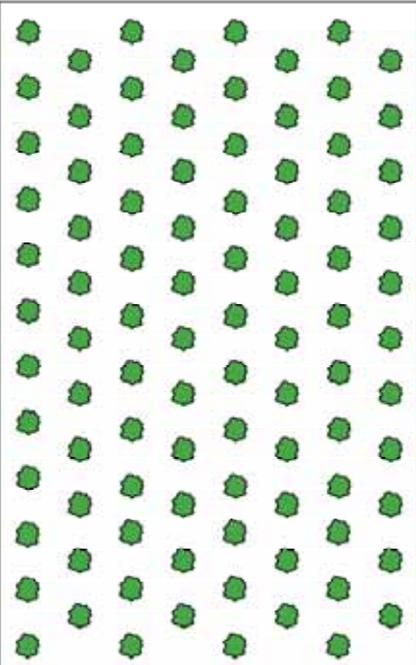
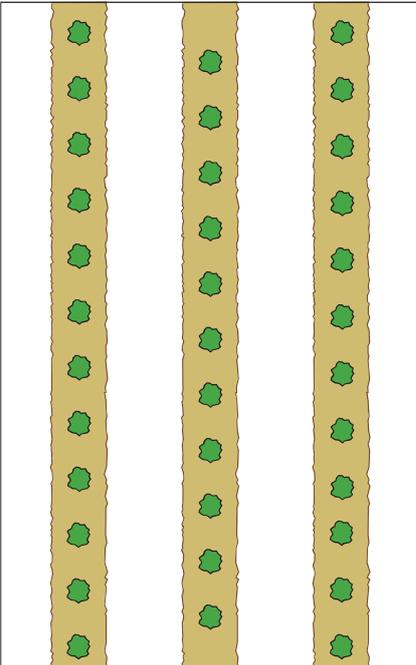
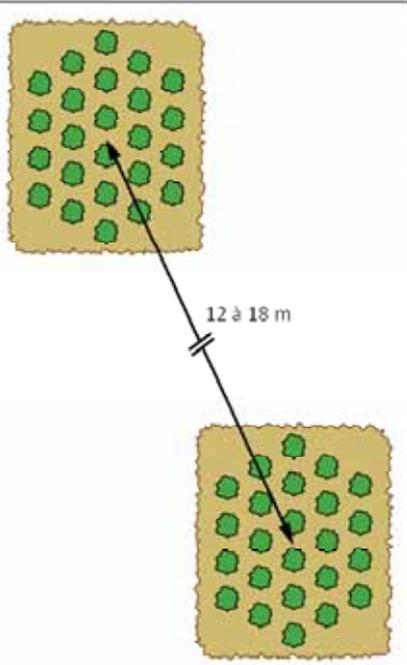
Les objectifs de ces itinéraires sont le renouvellement d'un peuplement par plantation après coupe rase, lorsque la régénération naturelle ne peut être une orientation envisageable (essence hors station, mauvaise qualité génétique, peuplement dégradé totalement instable).

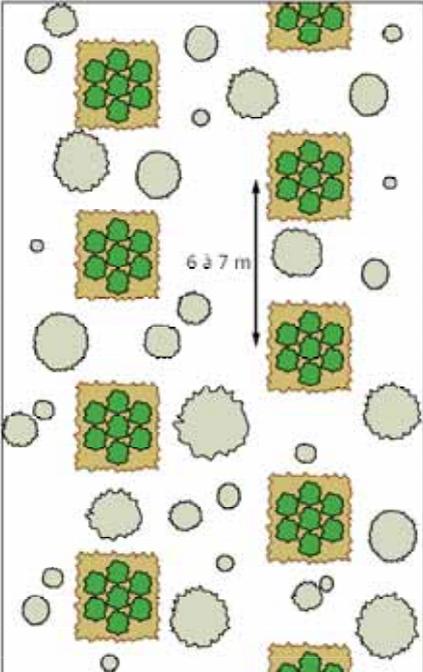
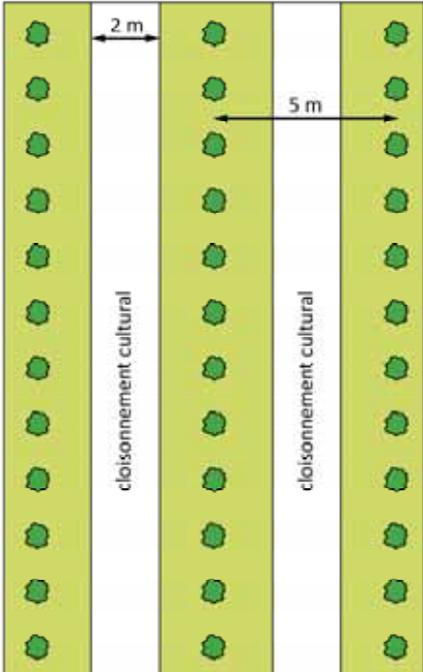
Situations concernées par ces itinéraires

Les peuplements concernés sont :

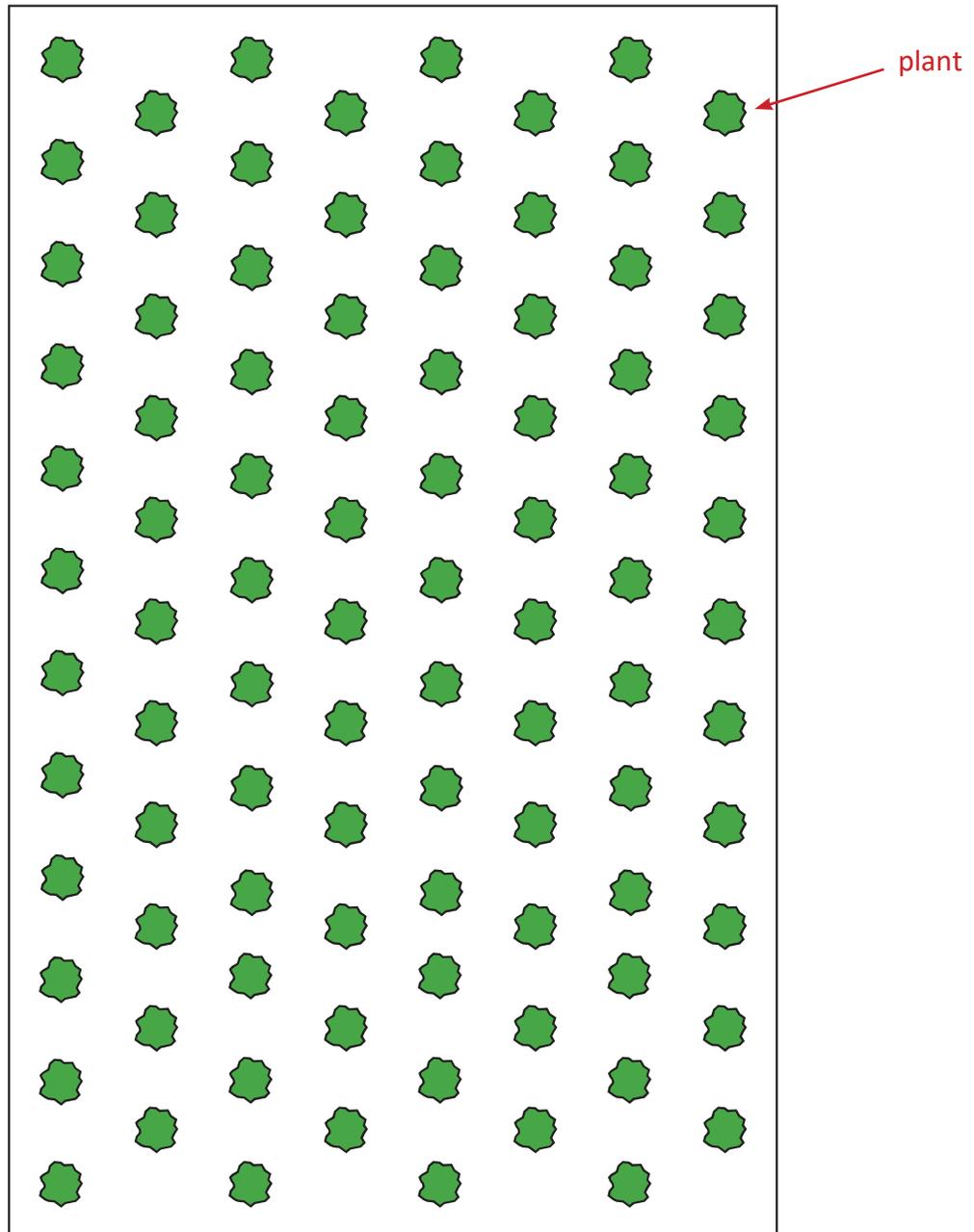
- o les coupes rases non régénérées ;
- o les futaies régulières fermées, dont les arbres sont arrivés à maturité ;
- o les peuplements ouverts suite à une perturbation, devant faire l'objet d'une coupe rase anticipée pour des questions de stabilité ;
- o les zones de vides importants au sein de plantations ;
- o les peuplements ayant déjà subi des coupes de régénération mais sans avenir : essences hors station, mauvaise qualité génétique, nombre de semenciers insuffisants.

Vue synoptique

2A - PLANTATION EN PLEIN PAR LIGNES	2B - PLANTATION EN PLEIN A LARGES ECARTEMENTS SUR BANDES TRAVAILLEES	2C - PLANTATION EN PLEIN PAR POINTS D'APPUIS A EFFECTIFS ELEVES
		
<p>➔ page 69</p>	<p>➔ page 72</p>	<p>➔ page 75</p>

2D - PLANTATION EN PLEIN PAR POINTS D'APPUIS A FAIBLES EFFECTIFS	2E - PLANTATION A FAIBLE DENSITE DANS UN RECRU
	
<p>➔ page 78</p>	<p>➔ page 80</p>

2A - PLANTATION EN PLEIN PAR LIGNES



Principes

Plantation en plein à écartements conventionnels (2 à 3 m)

Conditions initiales

Immédiatement après coupe rase

Ne convient pas aux situations de blocage par la fougère aigle ou aux sols compactés

Préparation de terrain

Présence de rémanents et/ou recru ligneux :

→ gyrobroyage en plein au tracteur

Dominante ronces, pas ou peu de rémanents :

→ peignage au tracteur (chisel)

Dominante graminées, pas ou peu de rémanents :

→ scarification au tracteur (cover-crop)

Plantation

Ecartements entre plants : 2 à 3 m (généralement)

Densité : 1.000 à 2.500/ha

Critère de choix de la densité : essence, qualité génétique des plants, présence d'une végétation ligneuse d'accompagnement

Choix du type de protection contre le gibier (individuelle ou globale) dépendant de la superficie à régénérer

Entretiens

Dégagements annuels classiques à opérer les premières années par débroussaillage localisé.

Economie de dégagements si un travail mécanisé du sol a été réalisé (démarrage plus rapide des plants).

Bilan économique

ronces : **IT peignage/en plein** vs **IT broyage/en plein**



ligneux : **IT broyage/en plein**



graminées : **IT scarification/en plein** vs **IT broyage/en plein**



Bilan sylvicole

Avantages

- o itinéraire simple
- o éducation et qualification des tiges d'avenir facilitée par la densité
- o nombreuses possibilités de choix d'arbres objectifs
- o répartition homogène des arbres objectifs sur la parcelle
- o répartition des risques de perte sur toute la parcelle

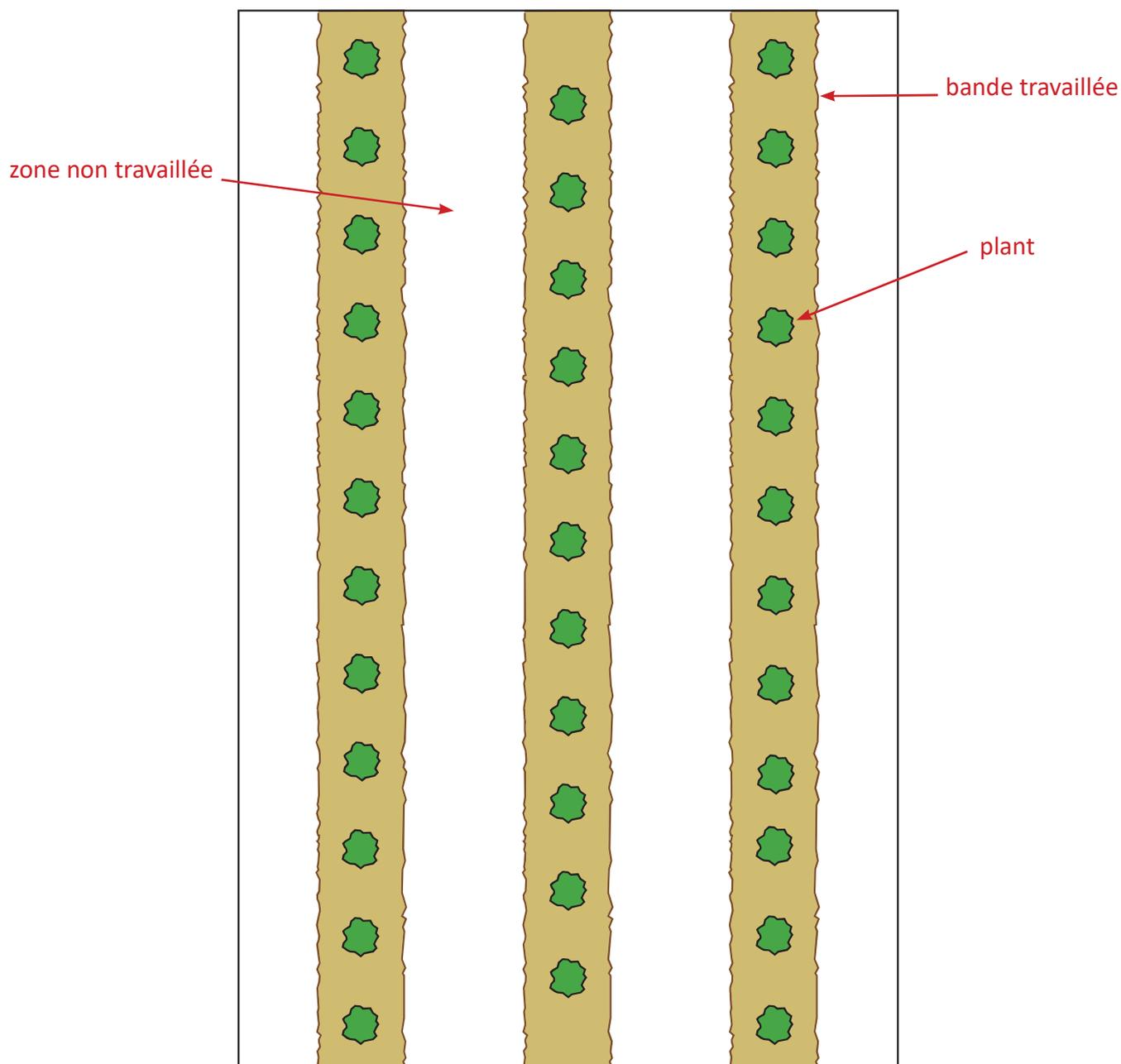
Inconvénients

- o inadapté aux situations de blocage par la fougère aigle
- o inadapté aux sols fortement compactés

Référentiel fiches techniques REGE

Broyage, Traitement des souches, Gestion de la végétation d'accompagnement, Travail du sol

2B - PLANTATION EN PLEIN A LARGES ECARTEMENTS SUR BANDES TRAVAILLEES



Principes

Plantation en plein à faible densité sur des bandes travaillées de 0,8 à 1,5 m de large, espacées de 2,5 à 4 m

Conditions initiales

Coupe rase

Adaptés à tous types de situations de blocage, y compris envahissement de fougère aigle, de graminées ou sur sol compacté

Préparation de terrain

Bandes travaillées de 0,8 à 1,5 m de large. Espacement en fonction du type de végétation.

Ronces, graminées, petits ligneux, sols compactés :

- outils mixte de sous-solage avec décapage du sol (ie. Pioche-Herse®, sous-soleur multifonction®, Bident Maillard, Modul'D®), montés sur pelle mécanique. Bandes espacées de 2,5 m.

Variante sur sol compact en situation d'hydromorphie :

- outils de sous-solage combinés (DB10®), montés sur pelle mécanique.

Dominante fougère aigle

- outils de scarification des rhizomes montés sur (mini)pelle mécanique (Scarificateur Réversible®). Bandes espacées de 4 m.

Plantation

Ecartements :

- o entre les lignes : 2,5 à 4 m, pour permettre le dépôt des amas de végétation scarifiée de part et d'autre des bandes
- o sur la ligne : 2 à 2,5 m

Densité : 1.000 à 2.000/ha

Protections individuelles contre le gibier recommandées

Entretiens

En principe, dégagements non nécessaires les premières années grâce à la préparation de terrain sur la bande. A surveiller à partir de la 5^{ème} année avec intervention sur la ligne le cas échéant.

Bilan économique

ronces, graminées, petits ligneux : **IT scarification/en bande** vs **IT broyage/en plein**



fougère aigle : **IT extraction rhizomes/en bande** vs **IT broyage/en plein**



Bilan sylvicole

Avantages

- o permet la mise en œuvre de techniques efficaces de traitement de la fougère aigle ou des graminées
- o permet l'ameublissement du sol (décompactation)
- o réduction des coûts d'installation et d'entretien par rapport à un itinéraire de reboisement classique
- o répartition homogène des arbres objectifs sur la parcelle
- o permet de valoriser une régénération naturelle intercalaire

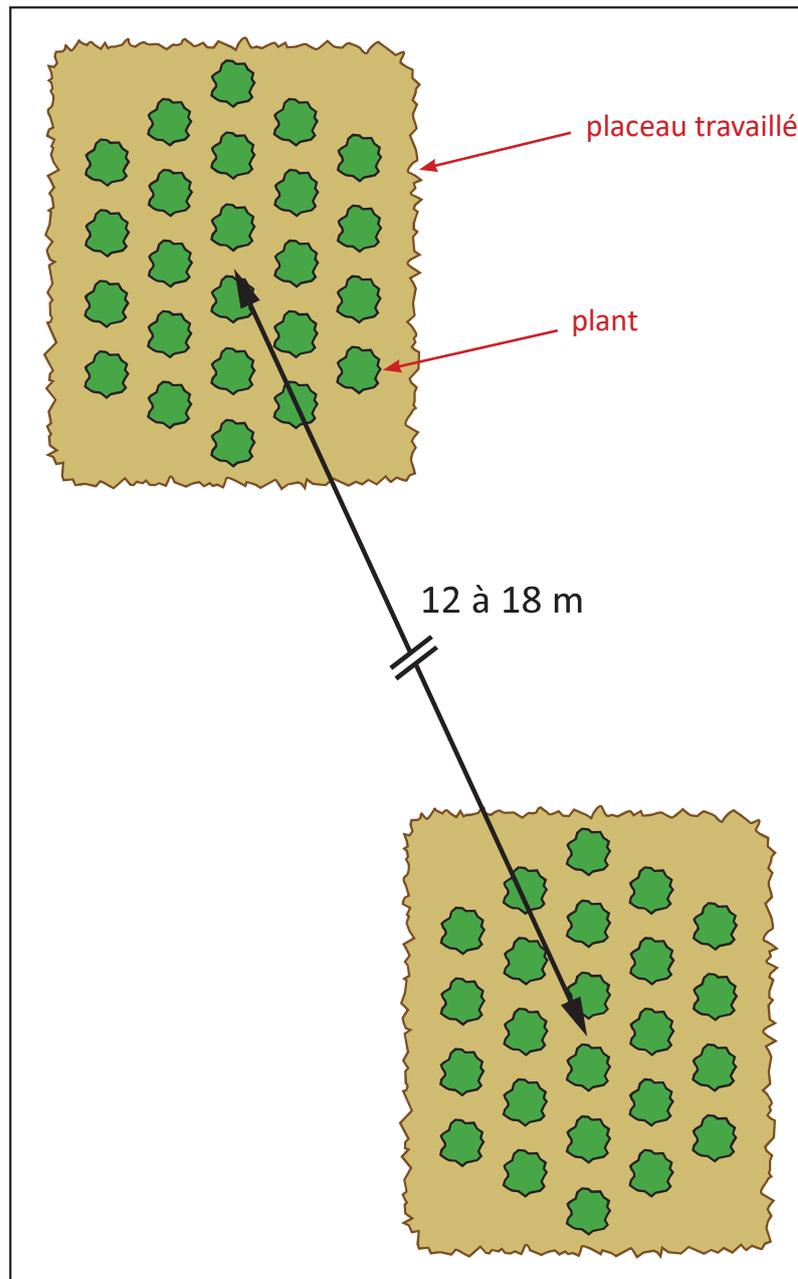
Inconvénients

- o fermeture du couvert lente
- o en l'absence de végétation ligneuse d'accompagnement, élagage naturel réduit et risque de développement de grosses branches

Référentiel fiches techniques REGE

Sous-solage, Gestion de la végétation d'accompagnement, Travail du sol

2C - PLANTATION EN PLEIN PAR POINTS D'APPUIS A EFFECTIFS ELEVES



Principes

Plantation de groupes de 20 à 30 plants, espacés de 12 à 18 m

Conditions initiales

Coupe rase

Adaptés à tous types de situation, y compris envahissement de fougère aigle, de graminées ou sur sol compacté

Préparation de terrain

Placeaux travaillés de 3 à 10 m de côté selon le nombre et l'écartement des plants choisis :

Ronces, graminées, petits ligneux, sols compactés :

- outils mixtes de décapage du sol montés sur (mini)pelle mécanique avec possibilité de sous-solage (ie. sous-soleur multifonction®, Scarificateur réversible®, Bident Maillard, Modul'D®)

Variante sur sol compact en situation d'hydromorphie :

- outils combinés de sous-solage et travail du sol montés sur pelle mécanique (DB10®)

Dominante fougère aigle

- outil de scarification des rhizomes monté sur (mini)pelle mécanique (Scarificateur Réversible®)

Dominante ligneux

- débroussaillage manuel : débroussailleuse à lame Widia ou tronçonneuse)
- broyeur monté sur (mini)pelle, chargeuse compacte ou robot radiocommandé

Plantation

2 options :

- o une seule espèce par groupe
- o une espèce objectif au centre (ie 9/25) et une espèce d'accompagnement en bordure (ie 16/25)

Ecartement entre plants : 0,25 (**nids**) à 1,5 (2) m (**cellules**)

Densité : 51 cellules/ha soit 1.275 plants/ha si 25 plants/groupe

Protections individuelles ou globales contre le gibier (clôture du point d'appui) recommandées

Entretiens

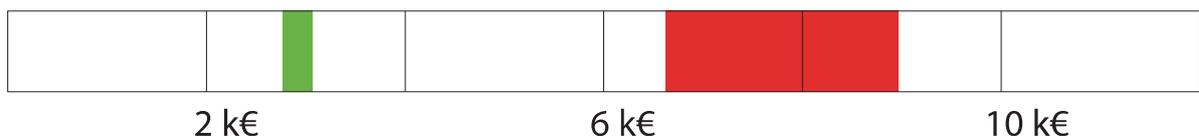
En principe, dégagements légers voire inutiles dans les cellules, grâce à la préparation de terrain au départ puis à la fermeture rapide du couvert avec les faibles écartements.

La végétation ligneuse d'accompagnement concentre les interventions après quelques années.

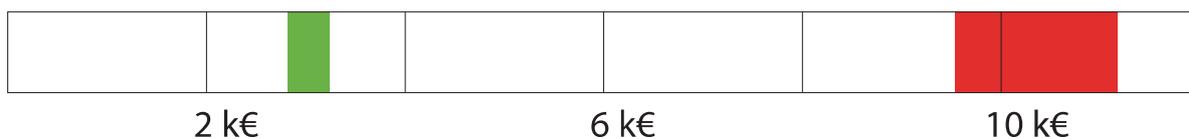
Généralement, nécessité d'intervenir une fois en nettoyage (> 3 m) en bordure sur plusieurs mètres de large pour éviter les effets de lisière (déformation des plants). Qualification des tiges facilitée par le nombre et la densité des plants.

Bilan économique

ronces, petits ligneux, graminées : **IT scarification/grands placeaux** vs **IT broyage/en plein**



fougère aigle : **IT extraction rhizomes/grands placeaux** vs **IT broyage/en plein**



recru ligneux : **IT broyage localisé/grands placeaux** vs **IT broyage/en plein**



Bilan sylvicole

Avantages

- o réduction des coûts de préparation de terrain et d'installation par rapport à la plantation en plein
- o permet la mise en œuvre de techniques efficaces de traitement de la fougère aigle ou des graminées, ainsi que la décompaction du sol
- o ne nécessite pas de gyrobroyage des rémanents
- o repérage facilités par la dimension des groupes
- o concentration des travaux d'entretien (économie de temps)
- o forte densité locale facilitant la qualification et l'éducation des tiges d'avenir
- o favorise l'installation et la possibilité de valorisation de semis naturels en intercalaire
- o économie possible de protections gibiers

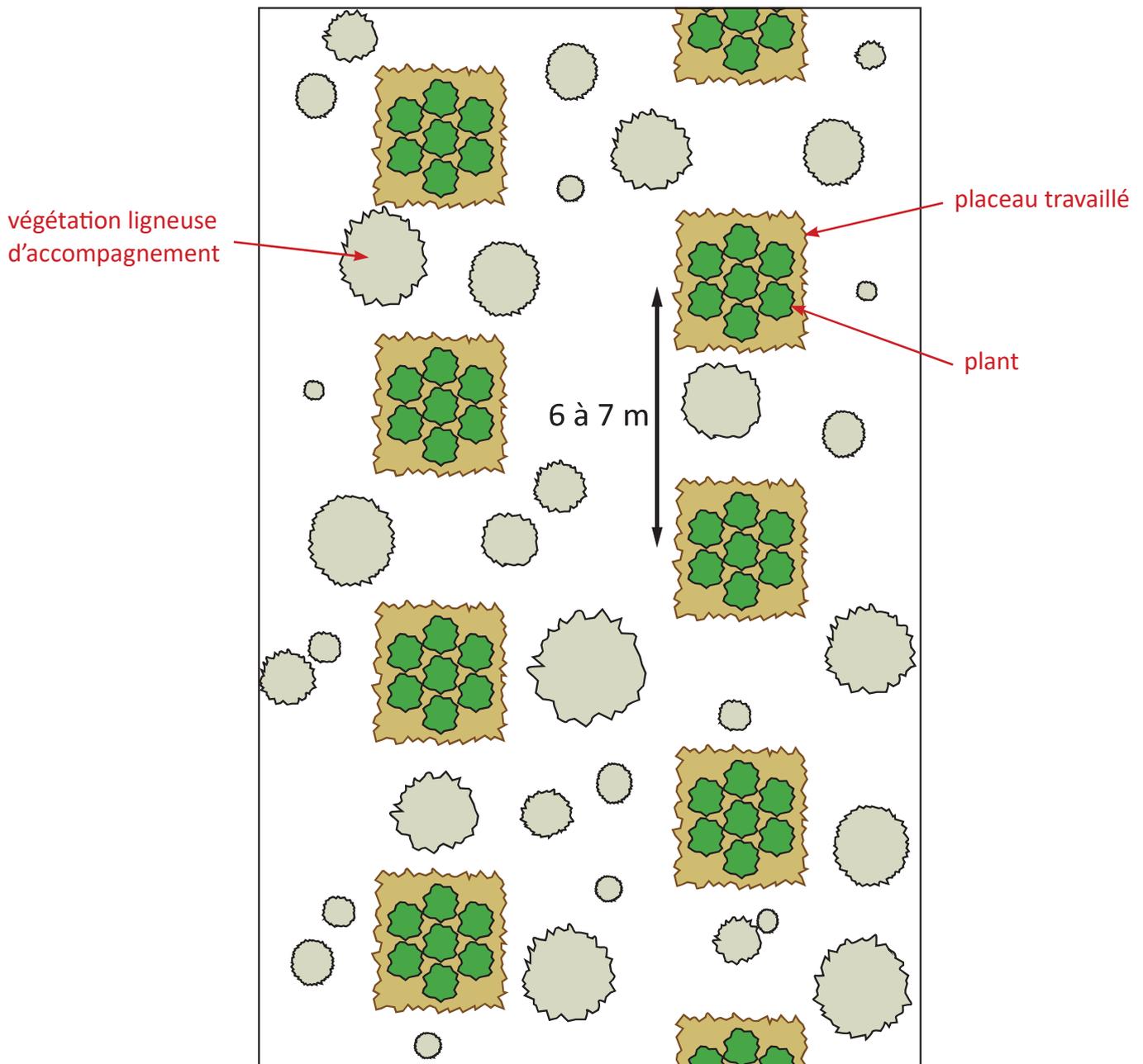
Inconvénients

- o pas de production de bois d'œuvre avant la coupe finale (1 seul arbre objectif par groupe de 20 à 30 plants)
- o risque de déformation des plants en bordure (effet de lisière en l'absence de végétation ligneuse d'accompagnement)
- o risques de vides sur la parcelle en cas de dégâts sur les arbres objectif

Référentiel fiches techniques REGE

Broyage, Sous-solage, Gestion de la végétation d'accompagnement, Travail du sol

2D - PLANTATION EN PLEIN PAR POINTS D'APPUIS A FAIBLES EFFECTIFS



Principes

Plantation de petits groupes de 5 à 7 plants sur placeaux travaillés, espacés de 6 à 7 m

Conditions initiales

Coupe rase avec présence d'un recru ligneux valorisable en accompagnement ou essences objectif secondaires

Regarnissage de plantations présentant des vides importants avec présence d'une végétation de blocage et/ou sol compacté

Enrichissement de régénérations naturelles clairsemées après la coupe rase

Préparation de terrain

Placeaux travaillés de 2 à 3 m de côté selon le nombre et l'écartement des plants choisis :

Dominante ligneux :

- débroussaillage manuel (débroussailluse à lame Widia ou tronçonneuse)
- broyage localisé à la minipelle
- arrachage et décompactation localisés sur sol compacté

Plantation

Plantation d'une seule essence par point d'appui

Ecartements entre plants : 0,5 à 1 m

Densité : 273 placeaux/ha soit 1.365 plants/ha

Protections individuelles contre le gibier recommandées (protection et repérage en entretien)

Entretiens

En principe, dégagements réduits dans les cellules les premières années, grâce à la préparation de terrain, mais suivi nécessaire ensuite en raison du faible nombre de plants.

Surveiller le développement de la végétation ligneuse en périphérie en raison du risque de déformation des plants (déformation des plants)

Bilan économique

ligneux : **IT broyage minipelle/petits placeaux** vs **IT broyage/en plein**



Bilan sylvicole

Avantages

- o réduction des coûts de préparation de terrain et d'installation par rapport à la plantation en plein
- o compromis entre la plantation en plein et par points d'appui à effectifs élevés, notamment meilleure répartition spatiale
- o adapté aux parcelles présentant une régénération naturelle hétérogène
- o permet de valoriser la régénération naturelle intercalaire potentielle (régénération naturelle assistée)
- o pas de production de bois d'œuvre en éclaircie avant la coupe finale

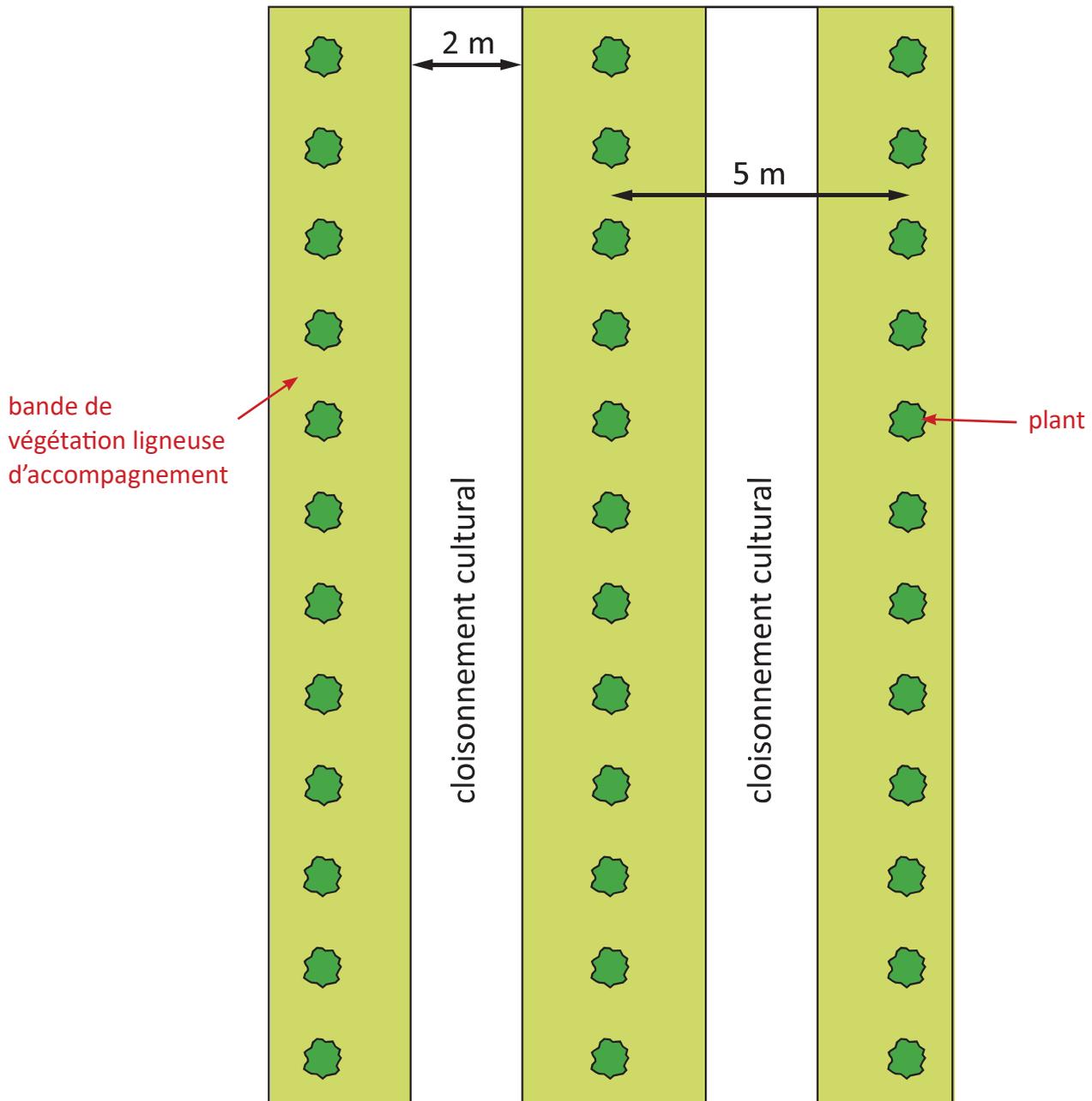
Inconvénients

- o protections gibiers requises vu les faibles effectifs par point d'appui
- o risque de perte des plants dans le recrû
- o suivi des entretiens plus exigeant qu'en effectifs élevés
- o risque de déformation des plants en absence de végétation d'accompagnement

Référentiel fiches techniques REGE

Broyage, Traitement des souches, Gestion de la végétation d'accompagnement, Travail du sol

2E - PLANTATION A FAIBLE DENSITE DANS UN RECRU



Principes

Plantation à large écartement dans des bandes de recrû ligneux délimitées par des cloisonnements culturaux

Conditions initiales

Enrichissement de régénérations naturelles après la coupe finale avec introduction d'une nouvelle essence objectif

Valorisation du recrû ligneux en accompagnement ou essences objectif secondaires

Préparation de terrain

Dominante ligneux :

- ouverture de cloisonnements culturels tous les 5 m d'axe en axe par gyrobroyage dans le recrû
- rabattage du recrû naturel à 50 cm de haut (épareuse)

Plantation

Plantation dans le recrû au milieu des bandes de recrû (1,5 m du bord). Ecartements : sur la ligne de 2 m
Densité : 1.000 plants/ha
Protections individuelles facultatives (gainage de la végétation)

Entretiens

Entretien mécanisé des cloisonnements
Dégagement manuel localisé autour des plants, principalement contre la végétation ligneuse.
Education des plants facilités par le gainage ligneux.

Bilan économique

ligneux : **IT broyage cloisonnements + rabattage dans les bandes/en plein** vs **IT broyage/en plein**



Bilan sylvicole

Avantages

- o réduction des coûts par rapport à une plantation traditionnelle (absence de travaux de préparation à la plantation et d'une réduction importante des densités)
- o permet de valoriser une régénération naturelle préexistante (enrichissement)
- o éducation des plants par la végétation ligneuse
- o économie de protection gibier
- o répartition homogène des arbres objectifs sur la parcelle
- o le réseau de cloisonnements facilite l'organisation du travail et la surveillance des travaux

Inconvénients

- o entretiens à suivre rigoureusement suivis au risque de perdre les plants
- o l'origine des plants doit être sélectionnée avec soin
- o sur sol sensible, le passage répété du gyrobroyeur pour l'entretien des cloisonnements constitue enfin un risque de tassement
- o ne permet pas de traiter les problèmes de compaction

Référentiel fiches techniques REGE

Broyage, Gestion de la végétation d'accompagnement

Itinéraires sylvicoles REGE n°3

Régénération naturelle des futaies régulières et irrégulières



Objectifs

Les objectifs de ces itinéraires sont de renouveler les peuplements de manière naturelle en utilisant des méthodes adaptées au traitement :

- o **En futaie régulière** :
 - hêtre, chênes, épicéa → coupes progressives
 - pins, mélèzes, douglas, épicéa instable ou sur sol hydromorphe → coupes par bandes successives
- o **En futaie irrégulière** : régénération naturelle sous couvert

Déroulement des coupes de régénération

Coupes progressives

Plusieurs coupes différentes se succèdent :

- o **La coupe d'ensemencement** favorise l'installation de la régénération en apportant de la lumière en sous-étage, permet une sélection des semenciers et prélève les essences indésirables ou envahissantes ;
- o **La (les) coupe(s) secondaire(s)** met(tent) en lumière les semis naturels de manière graduelle afin de satisfaire leurs besoins ;
- o **La coupe définitive** réalise les derniers semenciers de la parcelle, hormis quelques bois immatures de grande qualité, et met totalement en lumière la régénération.

La durée totale des coupes progressives dépend de l'essence et du territoire régional. Elle s'étend généralement sur moins de 10 ans pour les chênes indigènes, et peut durer jusqu'à 30 ans pour des essences sciaphiles comme le hêtre.

Coupes par bandes successives

Des coupes rases sont réalisées par bandes étroites d'une largeur égale à une 1 à 2 fois la hauteur du peuplement. Les bandes sont exploitées périodiquement, de proche en proche, en progressant à l'encontre des vents dominants. Ce type de coupes convient particulièrement aux pins dont les besoins en lumière des semis sont très importants.

Régénération naturelle des futaies irrégulières

En théorie, la régénération naturelle en futaie irrégulière se veut être une conséquence du traitement appliqué. Les coupes jardinatoires remplissent simultanément plusieurs fonctions : prélèvement des bois matures, éclaircie des bois en croissance, éclaircie dans le sous-étage et mise en lumière des perches et semis naturels. En intervenant dans toutes les strates du peuplement (futaie et sous-étage), le sylviculteur génère des conditions d'éclairement au sol qui devraient être favorables à l'installation et la croissance de la régénération. Les semis se développent par plages localisées dans des zones de luminosité favorable, par exemple dans l'ouverture créée par le prélèvement de deux gros bois. En pratique, ce type de régénération requiert néanmoins une grande technicité. Il est en effet nécessaire de bien doser la lumière apportée en sous-étage en agissant sur la structure et le capital sur pied du peuplement et en ajustant les prélèvements à son évolution dans le temps.

Lorsque la régénération naturelle ne parvient pas à s'installer (ie. végétation de blocage) ou que les semis sont d'une essence indésirée, certaines techniques plus dirigées peuvent être mise en place pour obtenir ces plages de régénération dans des ouvertures de quelques ares préexistantes ou créées artificiellement.

Conditions à observer avant d'envisager la régénération naturelle en futaie régulière ou irrégulière

Les peuplements-semenciers doivent toujours être composés d'essences en station et de bonne qualité génétique.

En futaie régulière, le peuplement doit avoir atteint son terme d'exploitabilité ou en être relativement proche, et être pourvu d'un nombre suffisant de semenciers de qualité.

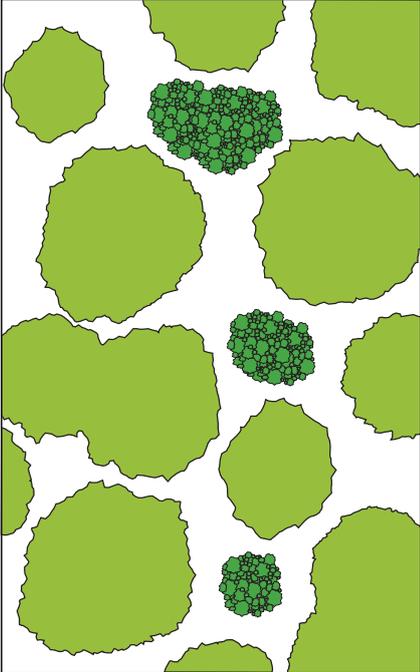
En futaie irrégulière, la notion de dimension d'exploitabilité remplace la notion de terme d'exploitabilité. La régénération naturelle est priorisée autour de petits groupes d'arbres constitués de bois murs. Par contre, les bois en croissance ne doivent jamais être sacrifiés au profit d'une régénération, même de qualité, sauf s'ils ces bois sont de mauvaise qualité ou constituée d'essences indésirables.

Situations concernées par ces itinéraires

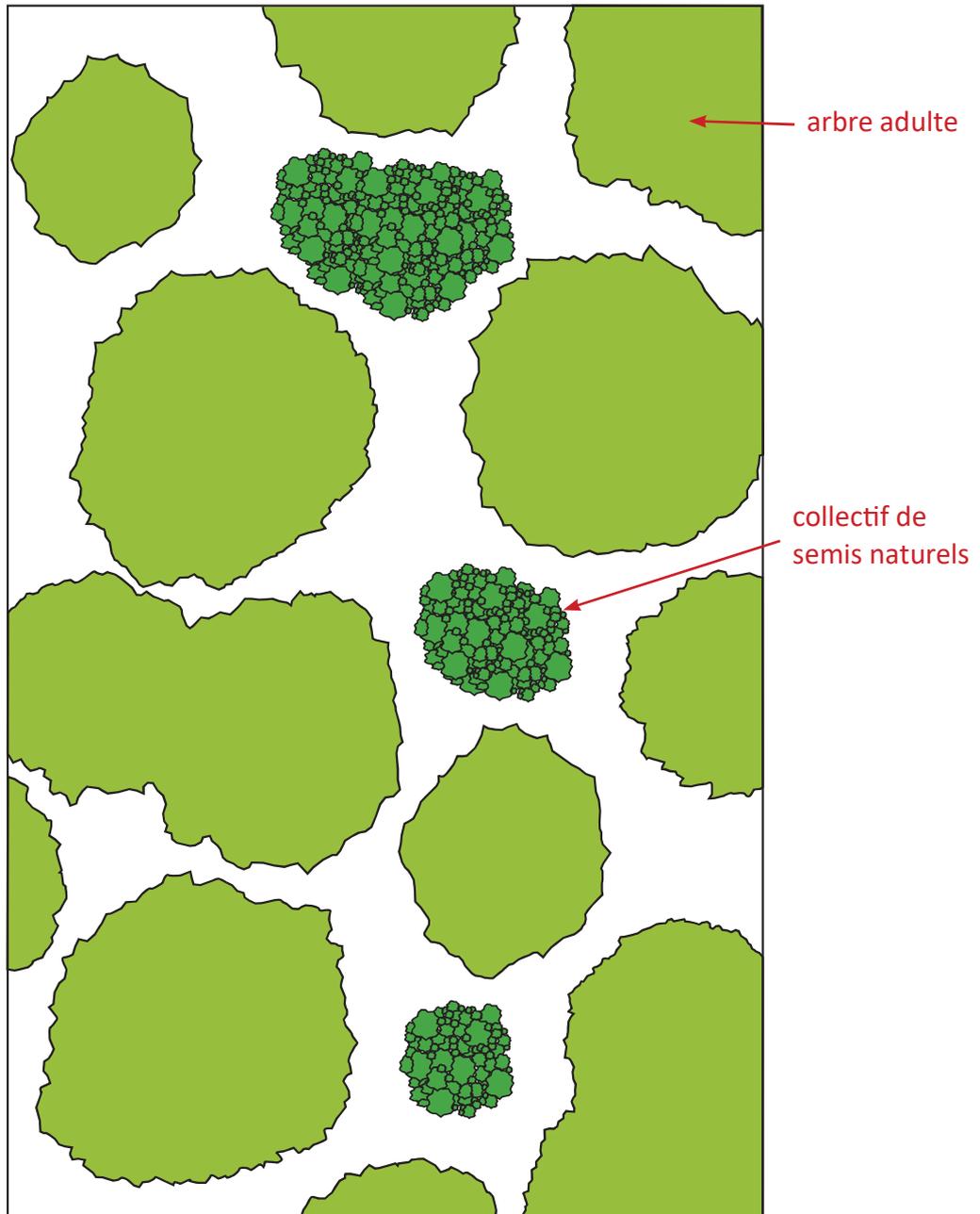
Les peuplements concernés sont :

- o les futaies **irrégulières** en déficit ou absence de régénération
- o les futaies **régulières** fermées, en attente de régénération

Vue synoptique

3A - REGENERATION NATURELLE EN FUTAIE IRREGULIERE	3B - REGENERATION NATURELLE EN FUTAIE REGULIERE
 <p data-bbox="443 1899 683 1953">➔ page 85</p>	 <p data-bbox="991 1899 1230 1953">➔ page 88</p>

3A - REGENERATION NATURELLE EN FUTAIE IRRÉGULIÈRE



Principes

Obtenir une régénération localisée par plages localisées dans les ouvertures du peuplement, sur environ 10 à 15 % de la superficie, sans opérer de sacrifices sur les bois de qualité en croissance.

Conditions initiales

Peuplement de structure irrégulière, présentant des zones de bois murs à prélever et/ou des ouvertures disséminées de quelques ares dans la futaie pouvant constituer des zones d'ensemencement de semis naturels.

Présence possible de végétations de blocage dans le sous-étage (ronces, fougères, graminées, recrû ligneux) ou sol compacté par des engins.

Préparation de terrain

Les préparations de terrain s'appliquent aux situations de blocage de la régénération naturelle, dans les ouvertures dans lesquelles la luminosité serait favorable à son développement.

Dominante fougère aigle :

- scarification des rhizomes via minipelle mécanique (Scarificateur Réversible®) par placeaux

Dominante recrû ligneux :

- débroussaillage manuel (débroussailleuse à lame Widia ou tronçonneuse)
- broyage par placeaux via minipelle mécanique, chargeuse compacte ou robot radiocommandé

Dominante graminées, ronces, humus bruts :

- outils de décapage & scarification montés sur (mini)pelles mécanique (ie. Regedent®, Pioche-Herse®)

Sols compactés :

- outils mixte de sous-solage et scarification montés sur (mini)pelles mécaniques (ie. sous-soleur multifonction®, Bident Maillard, Modul'D®)

Plantation

Néant

Entretiens

Mise en œuvre simultanée de travaux de natures différentes : dégagements, nettoyage-dépressage, taille de formation, élagage, détourage. Procéder en brigade par virées successives

Interventions ciblées au profil d'un nombre limité de semis d'avenir dans chaque zone de régénération

Bilan économique

fougère aigle : **IT extraction rhizomes/ RN grands placeaux** vs **IT broyage/PL en plein**



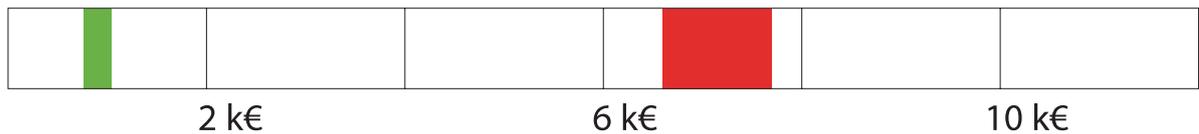
ligneux : **IT broyage (mini)pelle/ RN grands placeaux** vs **IT broyage/PL en plein**



graminées et humus bruts : **IT scarification/RN grands placeaux** vs **IT broyage/PL en plein**

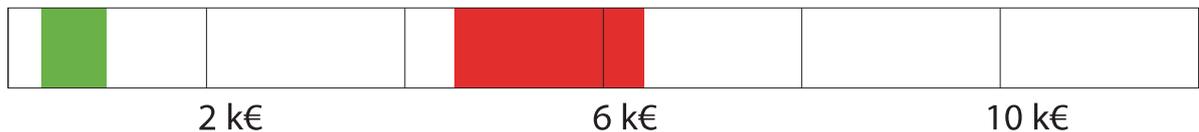


ronces : **IT scarification/RN grands placeaux** vs **IT broyage/PL en plein**



compaction & végétation herbacée :

IT sous-solage & scarification/RN grands placeaux vs **IT sous-solage & scarification/PL en plein**



Bilan sylvicole

Avantages

- o bénéfiques associés au traitement irrégulier : renouvellement par voie naturelle, couvert continu, production continue ...
- o coûts nettement inférieurs à des scénarios de reboisement en plein, quelles que soient les conditions de végétation comparées
- o les interventions dirigées en faveur de la régénération sur différentes zones de la parcelles pourront toujours être complétées par des ensemencements naturels a posteriori

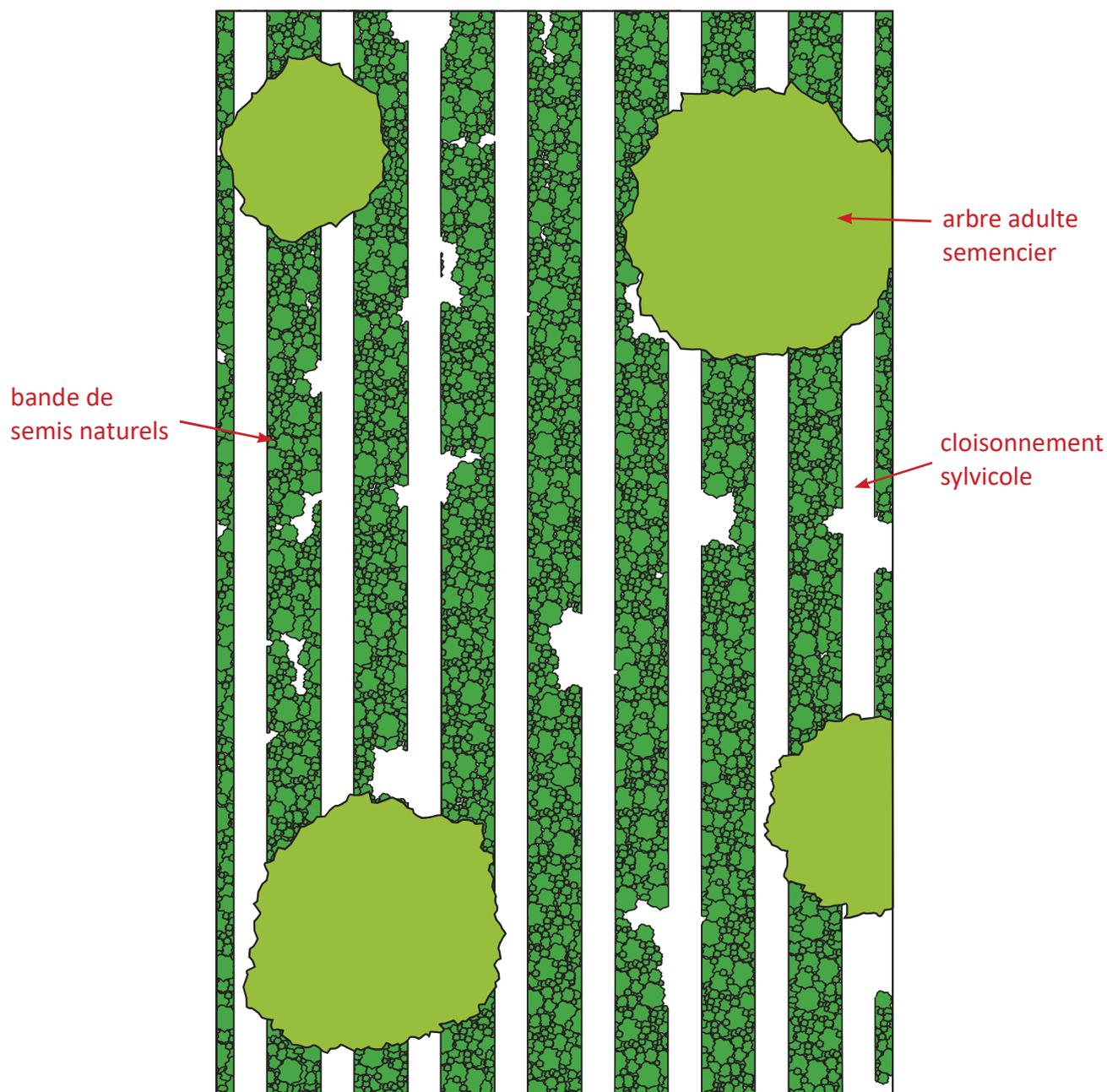
Inconvénients

- o incompatible avec des trop fortes densités de gibier
- o niveau de technicité requis assez élevé pour ce type de traitement (risque d'échec si le niveau de luminosité est trop faible)
- o accès aux zones de régénération avec des engins plus complexe que dans le cas des simples coupes rases
- o nécessite un repérage préalable des zones à traiter : dimension, conditions de luminosité, type de végétation au sol...
- o efficacité des outils de travail du sol potentiellement réduit par la présence des racines des arbres en bordure des trouées
- o résultats plus aléatoires que dans le cas d'une plantation, l'obtention d'une régénération naturelle étant tributaire de nombreux facteurs

Référentiel fiches techniques REGE

Broyage, Sous-solage, Gestion de la végétation d'accompagnement, Travail du sol

3B - REGENERATION NATURELLE EN FUTAIE REGULIERE



Principes

Régénération naturelle en plein associée à l'exploitation totale du peuplement semencier (coupes progressives ou par bandes successives)

Conditions initiales

Peuplement arrivé à maturité, composé d'essences en station, semenciers bien répartis, en nombre suffisant et dépourvus de défauts génétiques.

Existence d'une assez grande diversité de contextes de végétations parfois associés à des situations de blocage (ronces, fougères, graminées, ligneux d'espèces diverses).

Préparation de terrain

Les préparations de terrain s'appliquent aux situations de blocage de la régénération naturelle.

Dominante fougère aigle :

- scarification des rhizomes via minipelle mécanique (Scarificateur Réversible®) par bandes de 3 m tous les 5 m d'axe en axe

Dominante sous-étage ligneux :

- exploitation total du sous-étage avec mise en tas ou andains des rémanents

Dominante ronces :

- peignage au tracteur (chisel)

Dominante graminées, myrtilles, genêts

- scarification au tracteur (cover-crop)
- outils de scarification du sol montés sur (mini)pelle mécanique (ie. Regedent®, Pioche-Herse®) par bandes travaillées de 3 m de large (largeur des bandes de semis) tous les 5 m d'axe en axe

Sols compactés :

- outils mixte de sous-solage et scarification montés sur (mini)pelles mécaniques (ie. Sous-Soleur Multifonction®, Bident Maillard, Modul'D®)

Plantation

Néant

Entretiens

Dès avant le premier dégagement et avant 1,5 m de haut, création d'un réseau de cloisonnements culturaux, de 2 m de large tous les 5 m, indispensables pour : avoir une meilleure connaissance du peuplement, concentrer les soins sur une étendue plus réduite, faciliter l'organisation du travail des ouvriers et la visibilité des interventions, augmenter la productivité des travaux d'entretien et réduire leurs coûts totaux.

Dégagements à réaliser de manière ciblée jusqu'à 3 m de haut, orientés sur tiges d'avenir et favorisant le mélange d'espèces minoritaires.

Nettoieement-dépressage après 3 m.

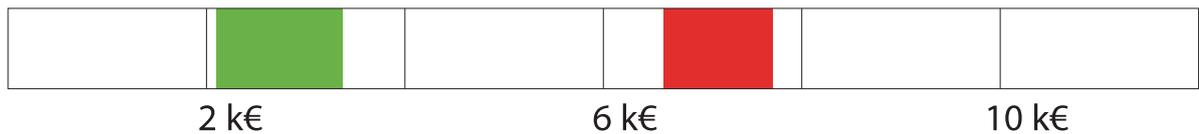
Le recours à une technique de préparation de terrain adaptée à la végétation de blocage permet de réaliser des économies dans les entretiens suivants.

Bilan économique

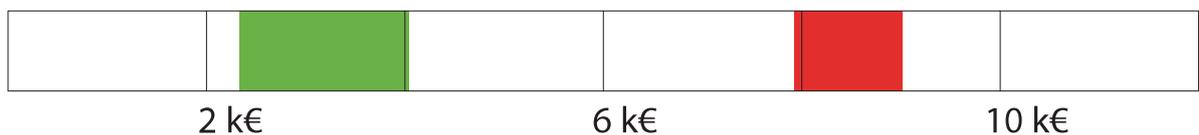
ligneux : **IT andainage/RN en plein** vs **IT broyage/PL en plein**



ronces : **IT peignage/RN en plein** vs **IT broyage/PL en plein**



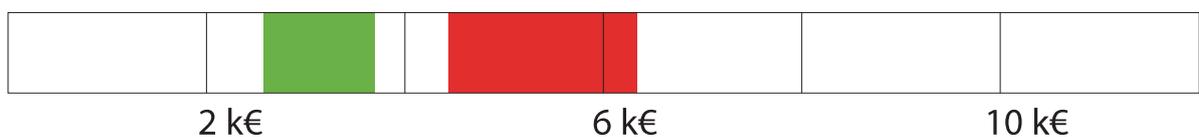
graminées, myrtilles, genêts : **IT scarification/RN en plein** vs **IT broyage/PL en plein**



fougère aigle : **IT extraction rhizomes /RN en plein** vs **IT broyage/PL en plein**



sols compactés : **IT sous-solage & scarification /RN en plein** vs **IT sous-solage & scarification/PL en plein**



Bilan sylvicole

Avantages

- o bénéfices associés à la régénération naturelle : conservation de la génétique des semenciers, semis abondants offrant de nombreuses options de sélection
- o coûts nettement inférieurs à des scénarios de reboisement en plein, quelles que soient les conditions de végétation comparées
- o possibilités d'enrichir la régénération naturelle par des plantations

Inconvénients

- o difficultés d'obtenir de la régénération naturelle en raison de différents aléas : fructifications irrégulières (ie chêne), prédation (ie. sangliers), maladies et parasites affectant les graines ou les très jeunes semis
- o nécessiter le contrôler l'envahissement par la végétation d'accompagnement par des interventions adaptées
- o risque d'explosion des coûts des entretiens (dégagements, nettoyage-dépressage) en cas de retard ou d'intervention inappropriée (ie. travail en plein sans cloisonnement culturels)

Référentiel fiches techniques REGE

Andainage, Sous-solage, Gestion de la végétation d'accompagnement, Travail du sol

Itinéraires sylvicoles REGE n°4

Régénération naturelle enrichie en traitement régulier



Objectifs

L'objectif de cet itinéraire est de compléter une régénération naturelle incomplète ou trop peu diversifiée, qu'elle soit fortuite ou recherchée, par des plantations d'enrichissement.

Ce scénario s'inscrit par ailleurs dans la continuité de l'itinéraire 3B « régénération naturelle en futaie régulière » dont il constitue le prolongement logique en cas d'ensemencement insuffisant.

Situations concernées par ces itinéraires

Les peuplements concernés sont :

- o les futaies régulières en fin de coupe de régénération (progressives ou par bandes successives, voir REGE 3), dans lesquelles l'ensemencement est incomplet ;
- o des futaies dégradées et ouvertes suites à des perturbations, impossibles à régénérer naturellement sur toute la surface en raison de l'insuffisance des semenciers.

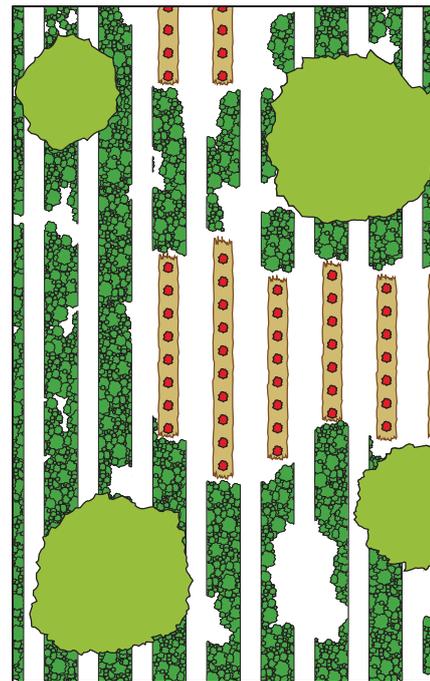
Vue synoptique

**4A - REGENERATION NATURELLE ENRICHIE
PAR POINTS D'APPUI A FAIBLES EFFECTIFS**



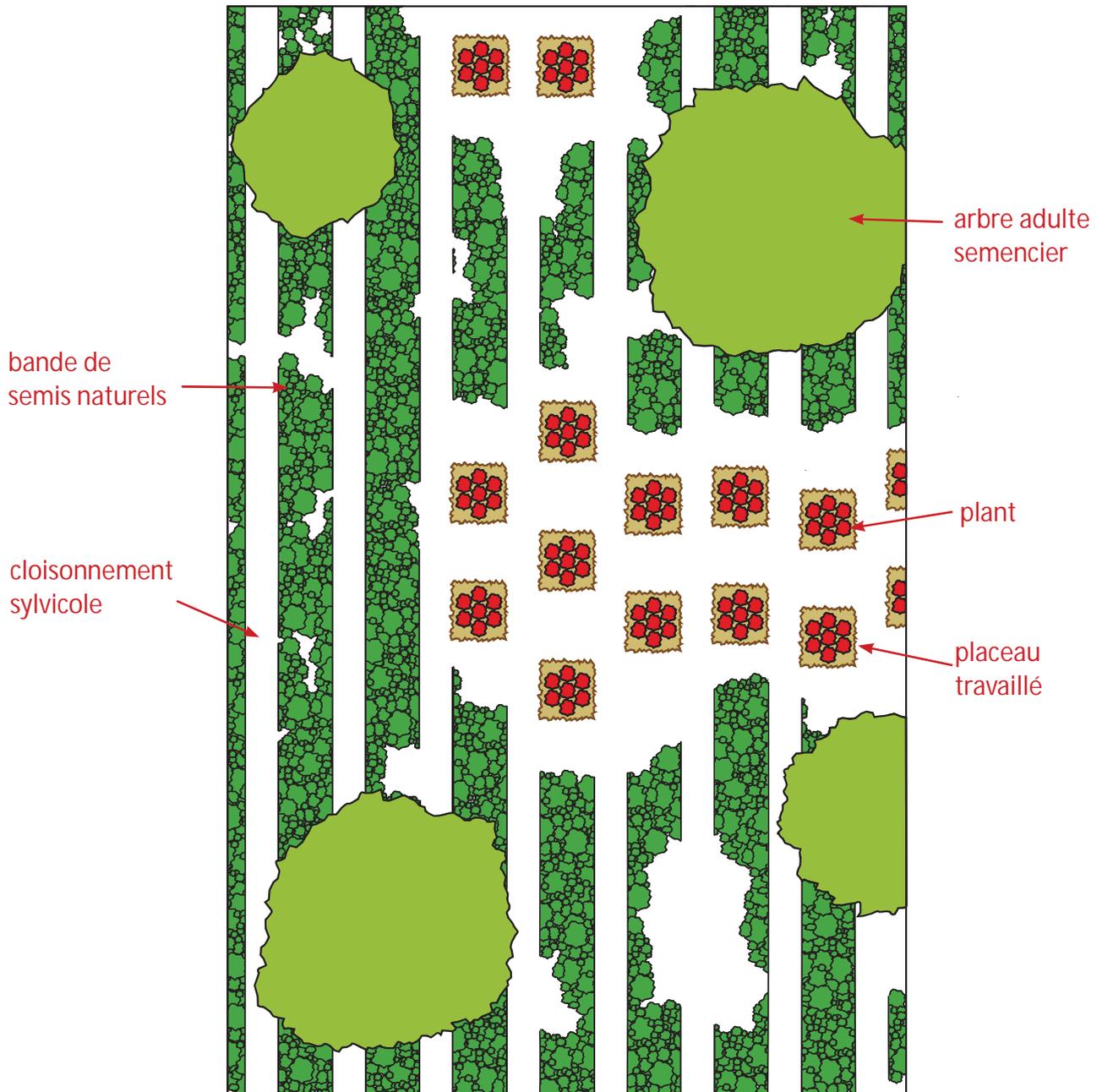
➔ page 93

**4B - REGENERATION NATURELLE ENRICHIE
PAR PLANTATION A FAIBLE DENSITE**



➔ page 96

4A - REGENERATION NATURELLE ENRICHIE PAR POINTS D'APPUI A FAIBLES EFFECTIFS



Principes

Plantation dans les vides de petits groupes de 5 à 7 plants sur placeaux travaillés, espacés de 6 à 7 m minimum

Conditions initiales

Parcelle présentant des cloisonnements culturels facilitant l'installation des plants et le suivi de la régénération naturelle et artificielle.

Nécessiter de disposer de surfaces de vides suffisamment importantes et d'un accès à celles-ci pour des machines de petit gabarit en présence d'une situation de blocage.

Préparation de terrain

Placeaux travaillés de 2 m à 3 m de côté selon le nombre et l'écartement des plants choisis :

Dominante fougère aigle :

→ outil de scarification des rhizomes monté sur pelle mécanique (Scarificateur Réversible®)

Dominante ronces, graminées, myrtilles, genêts, petits ligneux :

→ outils de scarification du sol montés sur (mini)pelle mécanique (ie. Regedent®, Pioche-Herse®)

Sols compactés :

→ outils mixte de sous-solage et scarification montés sur (mini)pelles mécaniques (ie. Sous-Soleur Multifonction®, Bident Maillard, Modul'D®)

Plantation

Plantation d'une seule essence par point d'appui

Ecartements entre plants : 0,5 à 1 m

Densité locale : 273 placeaux/ha soit 1.365 plants/ha

Protections individuelles contre le gibier recommandées (protection et repérage en entretien)

Entretiens

Dès avant le premier dégagement et avant 1,5 m de haut, création d'un réseau de cloisonnements cultureux, de 2 m de large tous les 5 m, indispensables pour : avoir une meilleure connaissance du peuplement, concentrer les soins sur une étendue plus réduite, faciliter l'organisation du travail des ouvriers et la visibilité des interventions, augmenter la productivité des travaux d'entretien et réduire leurs coûts totaux.

Dans la régénération naturelle : dégagements à réaliser de manière ciblée jusqu'à 3 m de haut, orientés sur tiges d'avenir et favorisant le mélange d'espèces minoritaires. Nettoyement-dépressage après 3 m de haut.

Dans les points d'appuis plantés : dégagements réduits dans les cellules les premières années, grâce à la préparation de terrain, mais suivi nécessaire ensuite en raison du faible nombre de plants.

Surveiller le développement de la végétation ligneuse en périphérie en raison du risque de déformation des plants.

Economie de dégagements si un travail mécanisé du sol a été réalisé (démarrage plus rapide).

Bilan économique

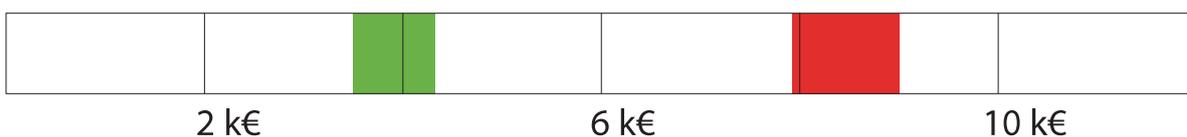
fougère aigle : **IT extraction rhizomes /PL petits placeaux** vs **IT broyage/PL en plein**



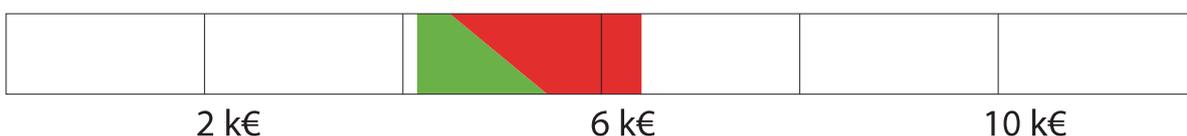
ronces, petits ligneux : **IT scarification/PL petits placeaux** vs **IT broyage/PL en plein**



graminées, myrtilles, genêts : **IT scarification/PL petits placeaux** vs **IT broyage/PL en plein**



sols compactés : **IT sous-solage & scarification /petits placeaux** vs **IT sous-solage /PL en plein**



Bilan sylvicole

Avantages :

- diversification des régénérations naturelles
- permet de solutionner les situation de blocage par le biais des outils spécifiques sur minipelle
- technique relativement économe
- repérage et soins des plants facilité par l'installation en cellules
- respecte le développement du recrû ligneux naturel intercalaire

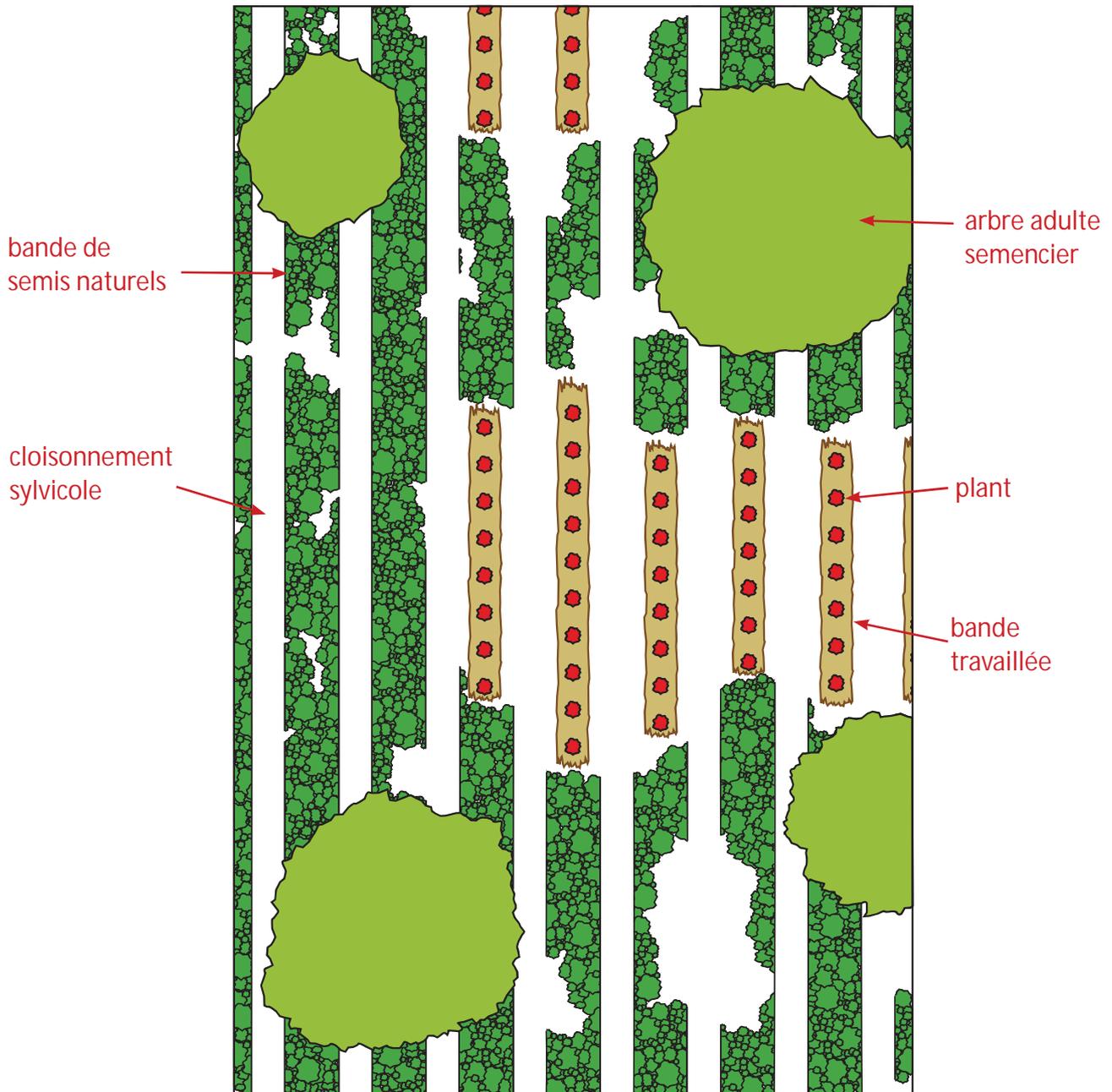
Inconvénients :

- nécessite un accès aux minipelles dans les vides pour la préparation de terrain
- valable pour des superficies de vides relativement importantes
- protections gibiers requises en cas de pression des cervidés, vu le faible nombre de plants par point d'appui
- risque de perte des plants dans le recrû

Référentiel fiches techniques REGE

Sous-solage, Gestion de la végétation d'accompagnement, Travail du sol

4B - REGENERATION NATURELLE ENRICHIE PAR PLANTATION A FAIBLE DENSITE



Principes

Plantation en plein, dans les vides à faible densité, sur bandes travaillées de 0,8 à 1,5 m de large espacées de 5 m

Conditions initiales

Parcelle présentant des cloisonnements culturaux facilitant l'installation des plants et le suivi de la régénération naturelle et artificielle

Présence d'un recru ligneux favorable à l'éducation des plants

Préparation de terrain

Bandes travaillées de 0,8 à 1,5 m de large. Espacement en fonction du type de végétation.

Dominante fougère aigle :

- outil de scarification des rhizomes monté sur pelle (mini)mécanique (Scarificateur Réversible®). Bandes espacées de 4 m.

Dominante ronces, graminées, myrtilles, genêts, petits ligneux :

- outils de scarification du sol montés sur (mini)pelle mécanique (ie. Regedent®, Pioche-Herse®). Bandes espacées de 2,5 m.

Sols compactés :

- outils mixte de sous-solage et scarification montés sur (mini)pelles mécaniques (ie. Sous-Soleur Multifonction®, Bident Maillard, Modul'D®).

Plantation

Ecartements :

- entre les lignes : 2,5 à 4 m, pour permettre le dépôt des amas de végétation scarifiée de part et d'autre des bandes
- sur la ligne : 2 à 2,5 m

Densité : 1.000 à 2.000/ha

Protections individuelles contre le gibier recommandées (protection et repérage en entretien)

Entretiens

Dès avant le premier dégagement et avant 1,5 m de haut, création d'un réseau de cloisonnements culturaux, de 2 m de large tous les 5 m, indispensables pour : avoir une meilleure connaissance du peuplement, concentrer les soins sur une étendue plus réduite, faciliter l'organisation du travail des ouvriers et la visibilité des interventions, augmenter la productivité des travaux d'entretien et réduire leurs coûts totaux.

Dans la régénération naturelle : dégagements à réaliser de manière ciblée jusqu'à 3 m de haut, orientés sur tiges d'avenir et favorisant le mélange d'espèces minoritaires. Nettoyement-dépressage après 3 m de haut.

Dans les zones plantées, dégagements non nécessaires les premières années grâce à la préparation de terrain sur la bande. A surveiller à partir de la 5e année avec intervention sur la ligne le cas échéant.

Economie de dégagements si un travail mécanisé du sol a été réalisé (démarrage plus rapide).

Bilan économique

fougère aigle : IT extraction rhizomes /PL en bande vs IT broyage/PL en plein



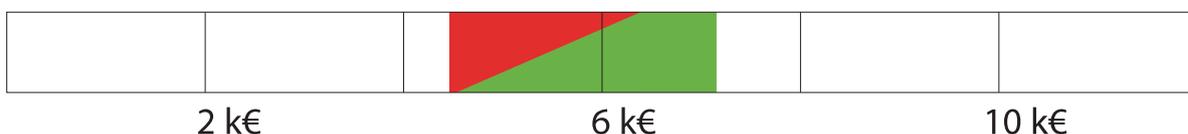
ronces, petits ligneux : IT scarification/PL en bande vs IT broyage/PL en plein



graminées, myrtilles, genêts: IT scarification/PL en bande vs IT broyage/PL en plein



sols compactés : IT sous-solage & scarification /en bande vs IT sous-solage /PL en plein



Bilan sylvicole

Avantages :

- diversification des régénérations naturelles
- permet de solutionner les situation de blocage par le biais des outils spécifiques sur minipelle
- technique relativement économe
- éducation des plants favorisé dans les bandes de recrû
- respecte le développement du recrû ligneux naturel intercalaire

Inconvénients :

- nécessite d'un accès aux minipelles dans les vides pour la préparation de terrain
- valable pour des superficies de vides relativement importantes
- protections gibiers quasi-indispensable pour le repérage des plants dans les bandes
- risque de perte des plants dans le recrû

Référentiel fiches techniques REGE

Sous-solage, Gestion de la végétation d'accompagnement, Travail du sol

Itinéraires sylvicoles REGE n°5

Rattrapage d'une plantation par une régénération naturelle d'opportunité



Objectifs

Compléter une plantation ayant subi des pertes relativement importantes en valorisant une régénération naturelle opportune.

Ce scénario s'inscrit par ailleurs dans la continuité de l'itinéraire S2A « plantation en plein par ligne » dont il constitue le prolongement logique en cas d'échec partiel.

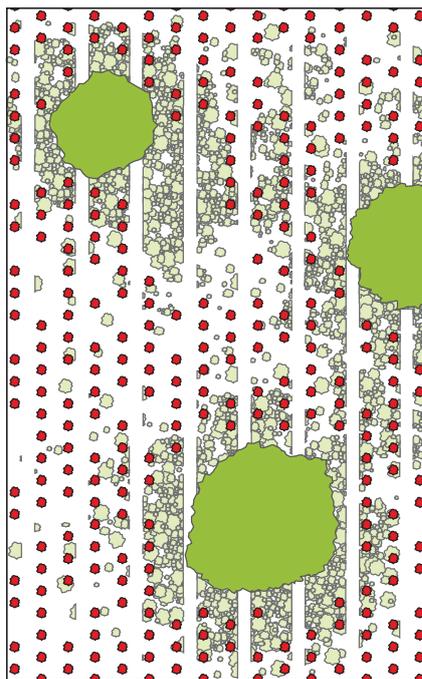
Situations concernées par ces itinéraires

Les peuplements concernés sont :

- o les plantation en plein par lignes présentant des potentialités d'enrichissement par des semis naturels, déjà présents ou envisageables par le biais de semenciers proches.

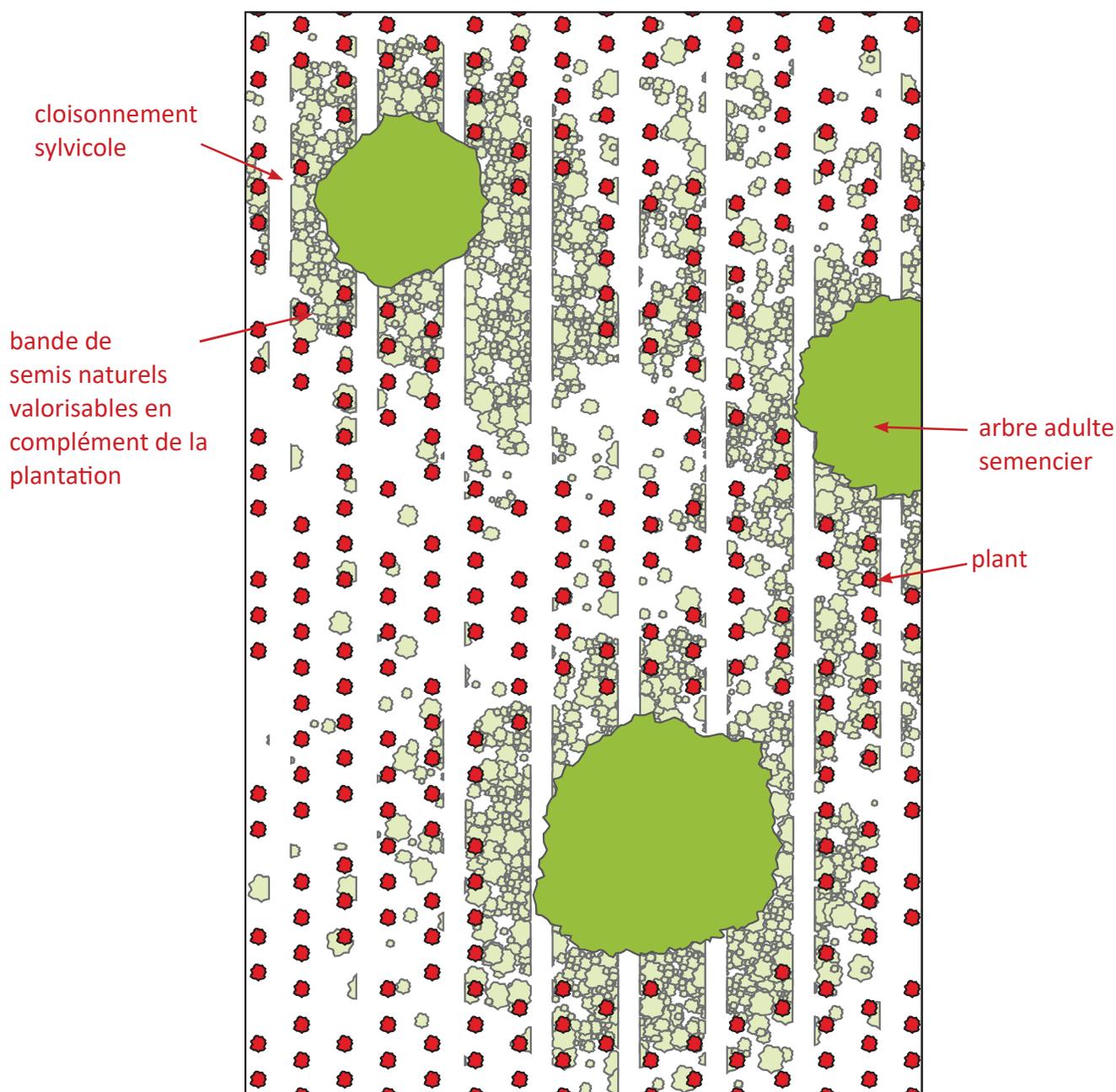
Vue synoptique

5 - RATTRAPAGE D'UNE PLANTATION PAR UNE REGENERATION NATURELLE D'OPPORTUNITE



➔ page 101

5 - RATTRAPAGE D'UNE PLANTATION PAR UNE REGENERATION NATURELLE D'OPPORTUNITE



Principes

Cas des plantations ayant subi un échec partiel dans lesquelles on pourrait bénéficier ou espérer des semis naturels valorisables dans les vides, grâce à une réserve de semenciers situés dans la parcelle ou en bordure immédiate.

Conditions initiales

Ensemencement des zones de vides par une régénération naturelle d'avenir : essences en station provenant de semenciers de bonne qualité génétique.

Nécessiter de disposer de surfaces de vides suffisamment importantes et d'un accès à celles-ci pour des machines de petit gabarit en présence d'une situation de blocage.

Préparation de terrain

Une fois l'ensemencement naturel obtenu, ouvertures de cloisonnements culturels dans les interlignes de la plantation (1 sur 2) : manuellement en cas d'écartement des lignes inférieur à 2,5 m, sinon mécaniquement au gyrobroyeur.

Traitement préalable des situations de blocage dans les vides à ensemercer, par bandes étroites ou en placeaux selon la configuration de terrain et le schéma de plantation.

Dominante fougère aigle :

- outil de scarification des rhizomes monté sur (mini)pelle mécanique (Scarificateur Réversible®)

Dominante ronces, graminées, myrtilles, genêts, petits ligneux :

- outils de scarification du sol montés sur (mini)pelle mécanique (ie. Regedent®, Pioche-Herse®)

Sols compactés :

- outils mixte de sous-solage et scarification montés sur (mini)pelles mécaniques (ie. Sous-Soleur Multifonction®, Bident Maillard, Modul'D®)

Plantation

Néant

Entretiens

Ouverture de cloisonnements culturels après obtention de la régénération naturelle dans les vides, indispensables pour : avoir une meilleure connaissance du peuplement, concentrer les soins sur une étendue plus réduite, faciliter l'organisation du travail des ouvriers et la visibilité des interventions, augmenter la productivité des travaux d'entretien et réduire leurs coûts totaux. Par la suite, alternance des entretiens un cloisonnement sur deux à chaque passage.

Dans la régénération naturelle intercalaire: dégagements à réaliser de manière ciblée jusqu'à 3 m de haut, orientés sur tiges d'avenir et favorisant le mélange d'espèces minoritaires. Nettoyement-dépressage après 3 m de haut. Veiller à ce que cette régénération n'entre pas en concurrence avec les plants préalablement installés.

Dans les zones plantées, dégagements manuels périodiques comme pour les plantations classiques en plein, en optant pour un travail depuis le réseau de cloisonnements culturels.
Economie de dégagements si un travail mécanisé du sol a été réalisé (démarrage plus rapide).

Bilan économique

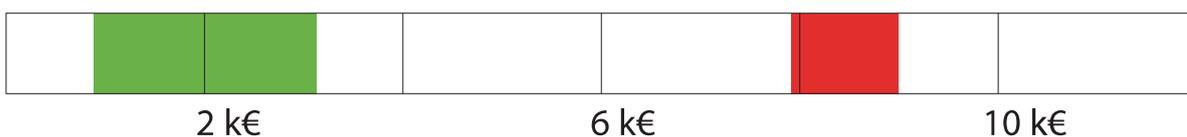
fougère aigle : **IT extraction rhizomes /PL petits placeaux** vs **IT broyage/PL en plein**



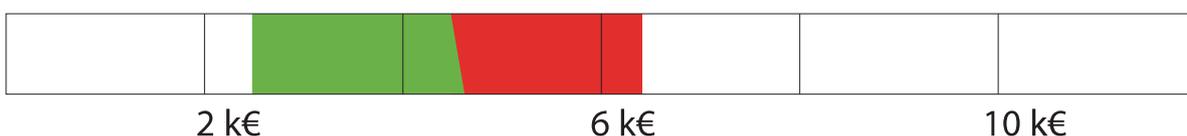
ronces, petits ligneux : **IT scarification/PL petits placeaux** vs **IT broyage/PL en plein**



graminées, myrtilles, genêts : **IT scarification/PL petits placeaux** vs **IT broyage/PL en plein**



sols compactés : **IT sous-solage & scarification /petits placeaux** vs **IT sous-solage /PL en plein**



Bilan sylvicole

Avantages :

- o permet de rattraper des plantations relativement tardivement (regarnissages plus possibles après 2 ans)
- o diversification des plantation par la régénération naturelle
- o permet de solutionner les situation de blocage par le biais des outils spécifiques sur minipelle
- o technique relativement économe (régénération naturelle fortuite)

Inconvénients :

- o nécessite un accès aux minipelles dans les vides pour la préparation de terrain
- o valable pour des superficies de vides relativement importantes

Référentiel fiches techniques REGE

Sous-solage, Gestion de la végétation d'accompagnement, Travail du sol

Mode d'emploi

Aide à la compréhension des fiches techniques REGE



1. Objectifs

Les fiches techniques REGE documentent les différentes méthodes et outils de préparation de terrain qui s'offrent au sylviculteur sur une parcelle devant faire l'objet d'une régénération. Chaque fiche développe un traitement particulier, en lien avec une ou plusieurs problématiques à traiter : rémanents, végétation, compacité du sol, souches, protection contre le gibier.

Les fiches ont été réalisées à partir d'une large consultation des caractéristiques techniques définies par les constructeurs. Elles sont structurées en différentes parties : principes, outils existants, engins adaptés, organigramme d'aide à la décision pour le choix des outils adaptés, précautions d'usages particulières, effets indésirables sur certaines végétations et enfin, prévention phytosanitaire.

Le développement de nouveaux produits ne connaissant pas de fin, la gamme d'outils considérée dans chaque fiche est susceptible d'amélioration permanente. L'intérêt de certains outils innovants a été souligné, sans que leur disponibilité à l'échelle territoriale n'ait pu être documentée.

Fiche technique REGE n°1 : Le broyage

Le broyage permet le traitement des rémanents, des souches et des végétations avant reboisement. Il facilite également la plantation et les entretiens.

Fiche technique REGE n°2 : L'andainage

L'andainage est une opération de nettoyage de la parcelle après coupe rase. Considérée comme alternative au broyage dans certaines conditions, il consiste en la réalisation de cordon de rémanents appelés andains.

Fiche technique REGE n°3 : Le sous-solage

Le sous-solage est une opération de décompactage du sol permettant d'augmenter le volume prospectable par les racines. Le choix de cette technique doit être attaché à une certaine prudence en raison de l'existence de risques de dégradation contreproductifs.

Fiche technique REGE n°4 : Le traitement des souches

Le traitement des souches correspond à l'arasement ou l'extraction. Ces opérations sont à réserver aux cas particuliers de prévention phytosanitaire et en prévision de certain travaux tel que le sous-solage.

Fiche technique REGE n°5 : La gestion de la végétation d'accompagnement - préparation de terrain et entretien des régénérations

La gestion de la végétation d'accompagnement peut s'avérer nécessaire si celle-ci entre en concurrence avec la régénération. Cette fiche traite essentiellement des végétations dite de blocage : les graminées, la fougère aigle, la ronce, la myrtille-bruyère et les ligneux.

Fiche technique REGE n°6 : Le travail du sol

Cette fiche synthétise les techniques existantes de travail du sol superficiel et profond (y compris sous-solage) : la scarification, le pseudo-labour/déchaumage, le fraissage et le labour. Elle détaille également leur complémentarité vis-à-vis du traitement de certaines végétations et des humus bruts.

2. Contenu des fiches techniques

a. Principe

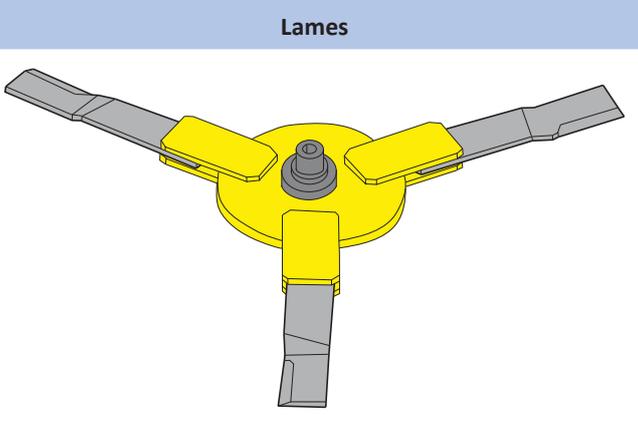
Le principe est une introduction reprenant une description de la technique, ses spécificités, le cadre technique de son utilisation (préparation de terrain et/ou entretien), associé à certaines mises en garde le cas échéant et enfin ses avantages et inconvénients.

b. Outils et techniques

Les outils sont regroupés par similarité en fonction de leur domaine d'utilisation. Ils sont représentés par un schéma généraliste inspiré d'un modèle (ex : Scarificateur Réversible®) ou par un produit particulier (ex : Râteaux andains sans pince). Les avantages et inconvénients sont présentés pour chaque sous-catégorie.

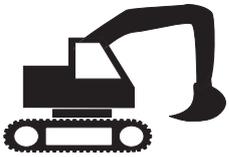
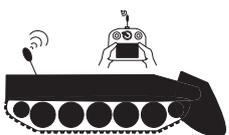
Sous la plupart des outils, se trouve une lecture rapide de ses capacités en fonction de la technique présentée.

Exemple : broyage

Lames	Chaînes
	
3 ou 4 lames tranchantes articulées autour d'un ou deux rotors	3 ou 4 chaînes fixées sur un ou deux rotors
Ø ligneux < 7 cm	Végétations herbacées non ligneuses et fougère
✗ souches	✗ souches
✗ affleurements rocheux	✓ affleurements rocheux

c. Les engins

Le choix de l'engin est conditionné par la puissance nécessaire au fonctionnement de l'outil, les modalités de travail ainsi que l'accessibilité au site (pente, praticabilité du sol). Le choix de l'outil dépend quant à lui des spécificités du travail à réaliser.

Engins		Caractéristiques générales	Poids	Puissances
Tracteur		Plus robuste que le tracteur agricole, comporte différentes grilles de protection. Attache trois points situé à l'arrière de l'engin.	2.950 – 16.250 kg	45 – 520 cv
Automoteur sur roue		Engin plus imposant que le tracteur comportant une accroche 3 points à l'avant de la machine. Peuvent être de très forte puissance.	7.220 – 13.800 kg	165 – 440 cv
Automoteur chenillé			7.300 – 31.800 kg	128 – 765 cv
Pelleteuse		Engins issus du génie civil utilisés en forêt pour leur capacité à pouvoir se déplacer sur sols inclinés ou très peu portants, et travailler de manière localisée	> 10.000 kg	102 – 551 cv
Mini-pelle		Plus légers et manœuvrables que les pelleteuses, permettant un travail plus ciblé tout en réduisant l'impact au sol.	< 10.000 kg	10,2 – 44,3 kW
Chargeur compact		Engin compact très manœuvrant comportant un bras de levage fixé à l'arrière de l'engin.	3.900 – 5.915 kg	74 – 130 cv
Radiocommandé		Engin léger sur chenilles, de faible puissance et radiocommandé. L'opérateur agit depuis l'arrière ou le côté de la machine.	780 – 2.640 kg	25 – 75 cv

Cette partie présente, sous forme de tableau, les engins adaptés aux outils / techniques, avec leurs caractéristiques respectives.

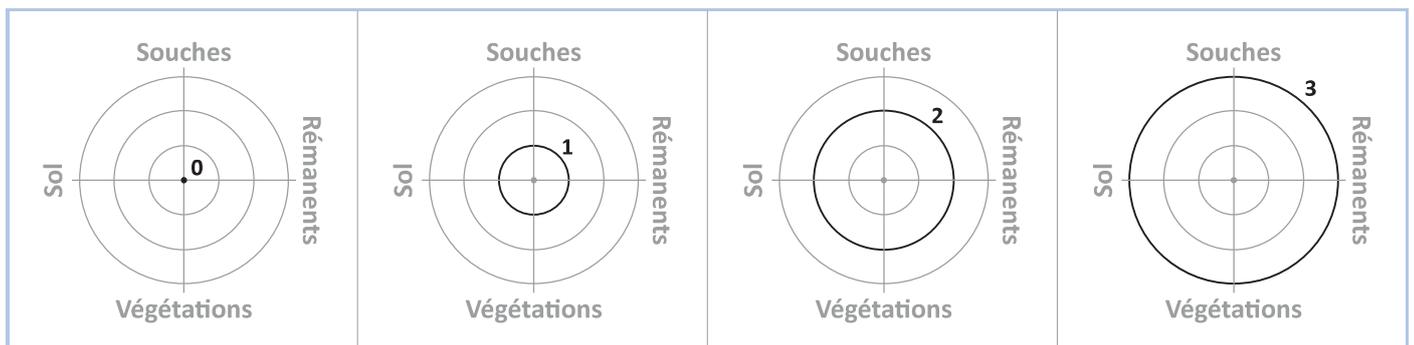
GAMME D'OUTILS

Chaque engin est présenté par un logo noir. Sous chacun d'entre eux sont illustrés en miniature les outils adaptés.

EFFICACITE ET POLYVALENCE

Un engin dispose généralement d'un panel d'outils potentiellement utilisables pour réaliser un travail de préparation de terrain. Certains outils sont à usage spécifique tandis que d'autres peuvent traiter simultanément d'autres problématiques. Pour un décompactage à l'aide d'un tracteur par exemple, différents modèles de dents de sous-solage tractées existent, ainsi qu'un outil combiné, le Culti 3B®. Les premières ne peuvent avoir d'autre utilisation que le décompactage, tandis que le Culti 3B® réduit par ailleurs la concurrence exercée par les tapis de graminées.

Globalement, l'efficacité et la polyvalence engin-outil peut s'apprécier pour les 4 types de travaux de préparation de terrain fondamentaux, selon un graphique radar à 4 niveaux (0 à 3). La valeur définie dans chaque rubrique est celle qu'il est possible d'atteindre par au moins un des outils adapté à l'engin en question.



Le degré d'efficacité de chaque catégories est évaluée comme suit :

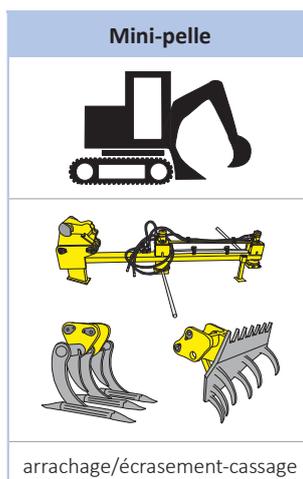
Souches : diamètre maximal des souches traitables par l'outil le plus puissant dans la gamme				
Niveau	0	1	2	3
Évaluation	Pas efficace	$\varnothing < 15 \text{ cm}$	$15 \leq \varnothing \leq 40 \text{ cm}$	$\varnothing > 40 \text{ cm}$

Rémanents : diamètre maximal des rémanents traitables par l'outil le plus puissant dans la gamme				
Niveau	0	1	2	3
Évaluation	Pas efficace	$\varnothing < 4 \text{ cm}$	$4 \leq \varnothing \leq 7 \text{ cm}$	$\varnothing > 7 \text{ cm}$

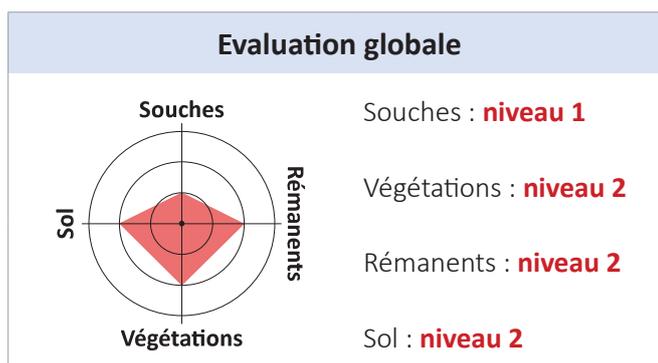
Végétations : nombre maximal de végétations de blocage (graminées, fougère aigle, ronce, bruyère/ myrtille et ligneux) traitées par l'outil le plus polyvalent de la gamme				
Niveau	0	1	2	3
Évaluation	aucune	1 à 2 végétation(s)	3 à 4 végétations	toutes

Sol : nombre maximal de techniques de traitement du sol (travail superficiel, profond et traitement de l'humus) applicables par l'outil le plus polyvalent de la gamme				
Niveau	0	1	2	3
Évaluation	aucune	1 technique	2 techniques	toutes

Exemple : appréciation de « l'efficacité maximale » de la minipelle dans le cadre de la gestion de la végétation d'accompagnement, en traitement de la fougère aigle.



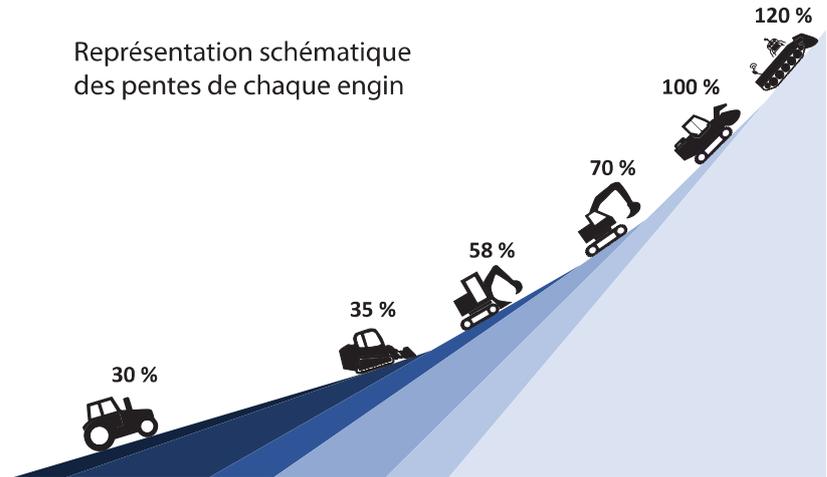
Bâtonneuse mécanisée®	
Souches, rémanents et sol : aucune action	Niveau : 0
Végétation : traite la fougère aigle et les ligneux	Niveau : 1
Pioche-Herse®	
Souches : aucune action	Niveau : 0
Rémanents : peu décaper des rémanents de faibles dimensions grâce à son peigne	Niveau : 1
Végétation : traite la graminée, la fougère aigle et la myrtille-bruyère	Niveau : 2
Sol : permet de réaliser un travail superficiel du sol et un décapage de l'humus	Niveau : 2
Scarificateur réversible®	
Souches : permet d'extraire des petites souches peu nombreuses	Niveau : 1
Rémanents : peu déplacer des rémanents de taille moyenne	Niveau : 2
Végétation : traite la graminée, la fougère aigle, la myrtille-bruyère et ronce	Niveau : 2
Sol : permet de réaliser un travail profond du sol et un décapage de l'humus	Niveau : 2



PENTE

Il s'agit de la pente maximale franchissable par l'engin conseillé par les constructeurs, indépendamment de l'outil utilisé.

Représentation schématique des pentes de chaque engin

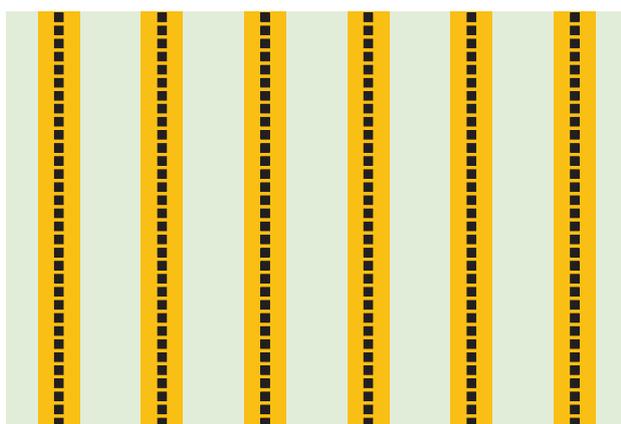


MODALITÉS DE TRAVAIL

Les modalités de travail préparatoire sont représentées schématiquement afin d'illustrer les possibilités de travail optimales d'un point de vue technico-économique :

	en plein travail sur toute l'étendue de la parcelle, indépendamment du modèle de reboisement choisi
	en bandes travail permettant de maintenir des zones non travaillées (régénération naturelle, végétations, rémanents...). Selon la largeur des bandes travaillées, il sera possible de régénérer la parcelle en <u>plein</u> par bandes étroites et larges écartements entre les lignes, ou en <u>bandes larges</u>
	localisé travail en potets (1 à 3 m ²) ou placeaux (4 à 100 m ²), permettant l'installation d'une à plusieurs dizaines de plants ou de la régénération naturelle

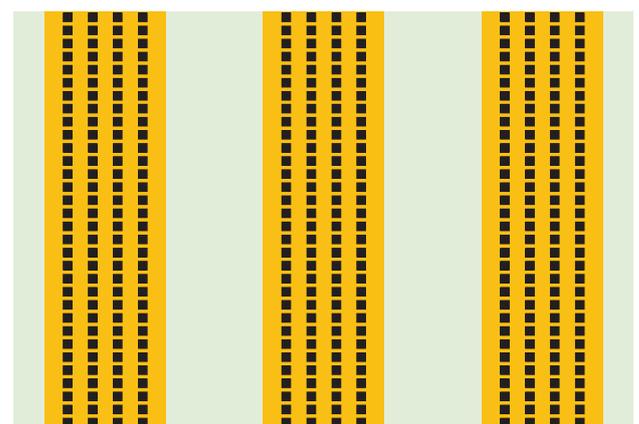
Types de travail en bandes et modèles de reboisements associés



Lignes de plantation

Bandes travaillées

Bandes **travaillées** étroites (< 3 m)
Plantation en plein sur la parcelle, larges écartements entre les lignes de plantation



Lignes de plantation

Bandes travaillées

Bandes **travaillées** larges (> 3 m)
Plantation OU régénération naturelle en bandes sur la parcelle, écartements ordinaires entre les lignes de plantation dans la bande

Dans le cas du **broyage**, d'**andainage** et du **traitement des végétations d'accompagnement**, la précision du travail de l'outil est mentionnée en fonction des caractéristiques engin-outil.

IMPACT AU SOL

L'impact au sol est exprimé en termes de risques de compaction. Les données de pression au sol sont une moyenne des données constructeurs disponibles.

DÉPLACEMENT

L'indication du déplacement de l'engin montre sa capacité à être autonome ou dépendant d'un moyen de transport. Cette donnée est à prendre en compte dans le prix de la mise en œuvre puisque le coût d'un transport par camion est plus élevé que le celui d'un transport par remorque légère.

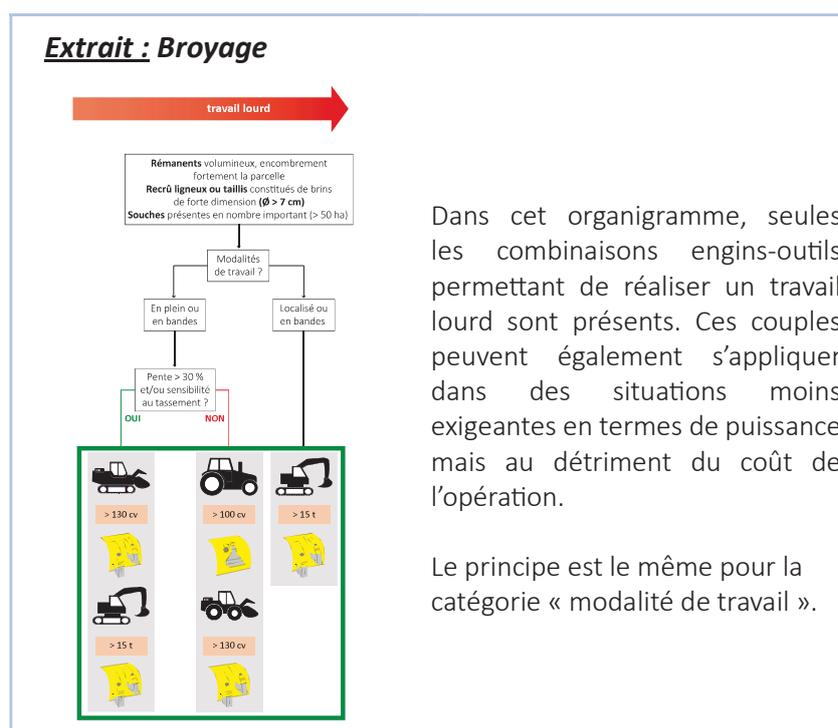
PUISSANCE

La puissance correspond à la gamme de chevaux-vapeur nécessaire pour faire fonctionner efficacement les outils adaptés. Ces données sont issues des constructeurs ou des concepteurs.

d. Choisir l'outil et l'engin adaptés à ma situation

Des organigrammes permettent de choisir les combinaisons engins-outils les mieux adaptées à chaque contexte de renouvellement et offrant un mode de fonctionnement optimal. La liste des choix proposés n'est pas exhaustive.

De manière générale, la construction de l'organigramme est basée sur les similitudes entre les différents engins-outils renseignées par les constructeurs-concepteurs. Un couple engin-outil peut convenir à plusieurs situations mais seule la combinaison technico-économique la plus optimale est retenue dans l'organigramme, ce qui en facilite la lecture.



Dans cet organigramme, seules les combinaisons engins-outils permettant de réaliser un travail lourd sont présents. Ces couples peuvent également s'appliquer dans des situations moins exigeantes en termes de puissance mais au détriment du coût de l'opération.

Le principe est le même pour la catégorie « modalité de travail ».

Les critères pris en compte dans les organigrammes sont multiples puisqu'ils reprennent les spécificités des techniques, des engins et des outils. Ils peuvent donc être très variés. Néanmoins, certains critères se retrouvent dans plusieurs fiches, c'est le cas de :

- o La présence ou non de régénération
- o Le volume d'encombrement des rémanents
- o Les modalités de travail
- o Le pourcentage de pente de la parcelle et la sensibilité au tassement du sol
- o Le type de végétation
- o La présence d'affleurement rocheux ou de pierres

La fiche travail du sol est la seule ne présentant pas d'organigramme.

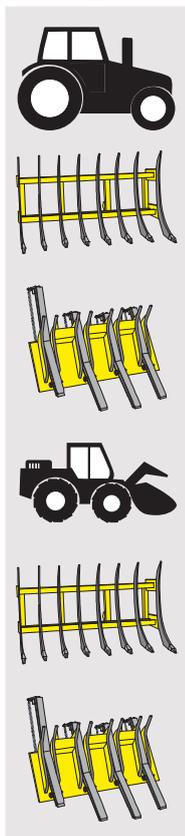
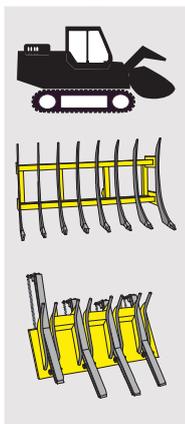
Exemple : Andainage

Rémanents constitués de branchage et pointes de faibles grosseurs
 Absence de semis naturels à préserver
 Absence d'affleurement rocheux

Pente > 30 % et/ou sensibilité au tassement ?

OUI

NON

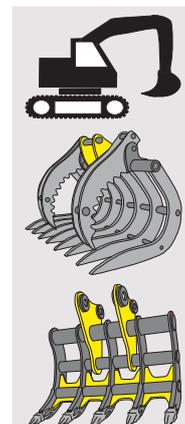


Rémanents volumineux (branchages, pointes, souches renversées, billons, chablis)
Affleurements rocheux
 Tous types de **pent**es
 Sensibilité au tassement
Semis naturels à préserver

Humus brut (col acide) à scarifier

OUI

NON

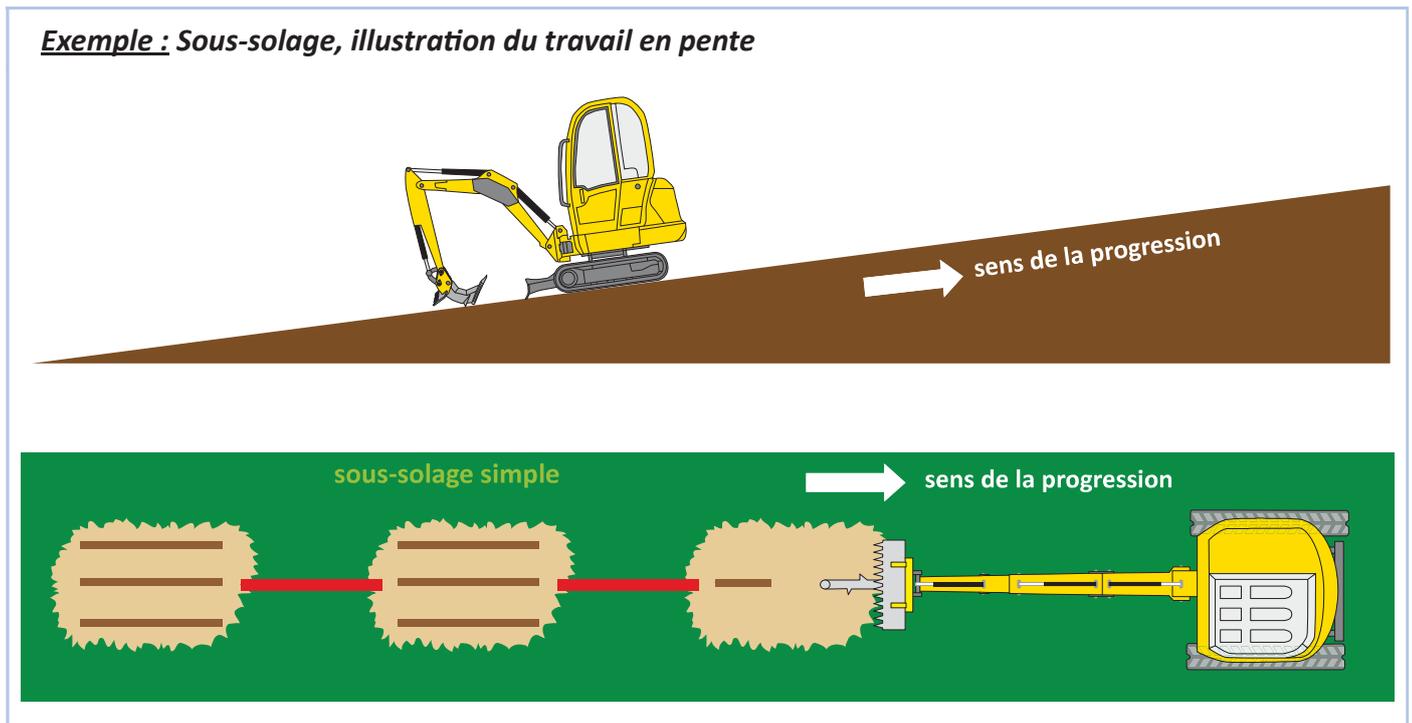


e. Précautions d'usage

Les précautions d'usages sont un ensemble de conseils à observer pour la bonne exécution de la technique.

Certaines fiches comportent des préconisations particulières qui reprennent des conseils propres à une technique, une méthode ou une végétation. Elles se différencient des préconisations générales qui s'appliquent à l'ensemble de la fiche.

Des schémas illustrent certains points pour une meilleure compréhension.



f. Effet de la technique sur la végétation

Cette partie met en avant les effets négatifs sur les différentes végétations de blocages (graminées, fougère aigle, ronce, myrtille-bruyère et ligneux).

g. Prévention phytosanitaire

Dans certains cas, des techniques sont conseillées pour lutter contre certains ravageurs. C'est le cas pour l'**andainage**, le **broyage**, le **traitement des souches** et le **travail du sol**.

Chaque ravageur est présenté dans un tableau précisant la ou les essence(s) concernée(s), les dégâts occasionnés et les solutions pouvant être apportées par la ou les technique(s) abordée(s) dans la fiche.

Fiche technique REGE n°1

Le broyage



1. Principes

Le broyage est une opération qui s'applique soit à la préparation de terrain avant plantation, soit aux entretiens. Nous n'abordons ici que le cas des préparations de terrain. Selon, le type d'outils et la puissance des engins, il peut être utilisé pour un broyage grossier des rémanents (branchages, billons, souches extraites...), des végétations herbacées, ligneuses ou semi-ligneuses, l'arasement des souches trop affleurantes. Un travail superficiel du sol, sur environ 5 cm de profondeur, peut être combiné au broyage en utilisant des engins de forte puissance.

Le choix d'une technique de broyage doit être subordonné à un diagnostic préalable de la parcelle : nature et importance des rémanents, type de végétation, schéma de plantation pressenti. Finalement, l'intervention pourrait ne pas être justifiée.



Pour une meilleure compréhension de la fiche, se référer au mode d'emploi détaillant chaque rubrique



En présence d'affleurements rocheux sur la parcelle, le broyage des rémanents n'est pas envisageable. Il faudra lui préférer l'andainage (fiche n°2)

Avantages

<i>Sylviculture</i>	<i>Sol</i>	<i>Milieu</i>
<ul style="list-style-type: none">• simplicité• facilite la plantation	<ul style="list-style-type: none">• pas d'exportation de la matière organique• effet paillage limitant l'assèchement• hâte la décomposition des rémanents sur sol pauvre	<ul style="list-style-type: none">• maintien de l'hétérogénéité du milieu en cas de broyage

Inconvénients

<i>Sylviculture</i>	<i>Sol</i>	<i>Milieu</i>
<ul style="list-style-type: none">• surépaisseur de broyats problématique pour la plantation si rémanents abondants• risque de dégâts de gibier plus important sur les plants dépourvus de végétation d'accompagnement• accentuation de la réverbération du soleil sur le broyat défavorable aux plants	<ul style="list-style-type: none">• décomposition rapide de la matière organique et exportation des éléments minéraux• déstructuration du sol en surface quand broyage sous le niveau du sol• risque de compaction du sol en fonction de l'engin et de la méthode utilisée	<ul style="list-style-type: none">• stimule la repousse de la fougère aigle et de la ronce, et la germination du genêt en milieu acide• risque d'inversion de flore (graminées)• perturbation de la petite faune et de la pédofaune

2. Outils

Deux types de broyeurs sont à différencier selon la nature du travail à réaliser : les broyeurs à axe vertical et les broyeurs à axe horizontal ou gyrobroyeurs.

a. Broyeurs à axe vertical

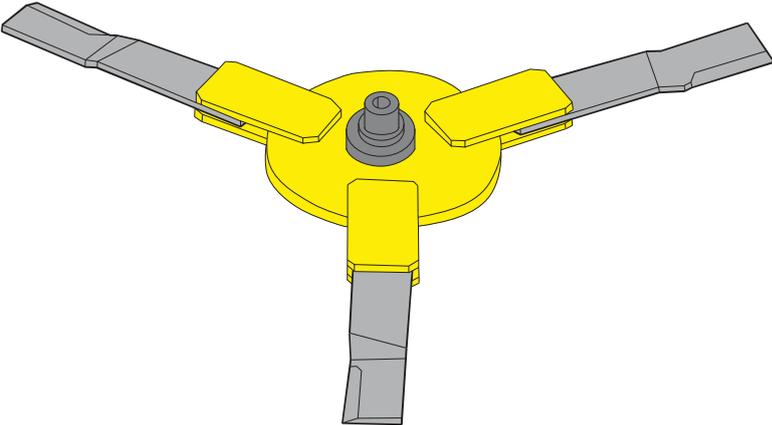
Le broyeur à axe vertical est utilisé en entretien comme **outil de fauche** des végétations herbacées, fougères, ronces, ou des petits ligneux.

Avantages

- adaptables sur relevage avant et arrière d'un tracteur
- système de 1 ou 2 plateaux pour une meilleure inertie
- réduit la concurrence à la lumière sans détruire la végétation
- poids faible et besoin limité en puissance
- pas de bouleversement des horizons de surface

Inconvénients

- hauteur de coupe limitée à min 5 cm du sol
- inefficace sur rémanents
- favorise les graminées (inversion de végétation)
- porte-outil limité au tracteur

Lames	Chaînes
	
3 ou 4 lames tranchantes articulées autour d'un ou deux rotors	3 ou 4 chaînes fixées sur un ou deux rotors
Ø ligneux < 7 cm	Végétations herbacées non ligneuses et fougère
✘ souches	✘ souches
✘ affleurements rocheux	✓ affleurements rocheux

b. Broyeurs à axe horizontal

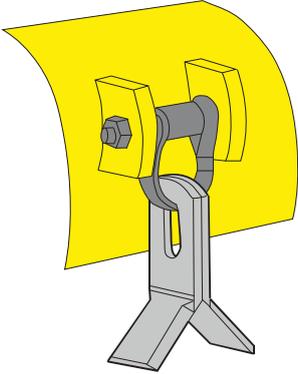
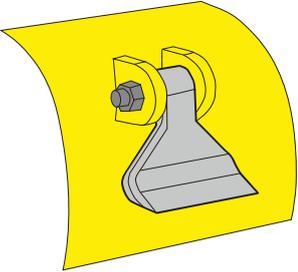
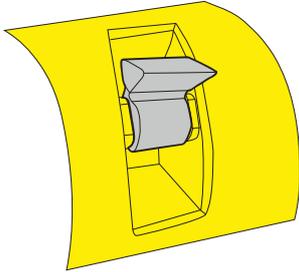
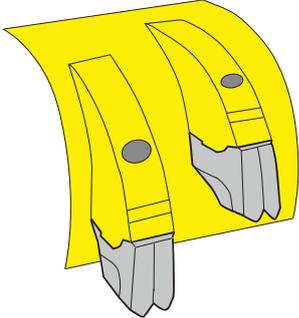
Les broyeurs à axe horizontal (gyrobroyeurs) réalisent un **travail polyvalent**. Ils se répartissent en différentes catégories en fonction du travail à réaliser : ameublissement superficiel du sol, réduction du volume des rémanents (branches, souches), traitement des végétations herbacées ou ligneuses. La puissance des engins doit être adaptée au type d'outil utilisé.

Avantages

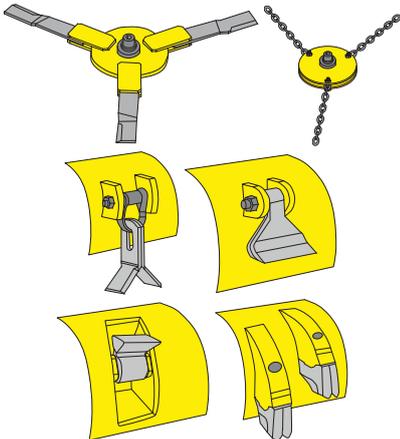
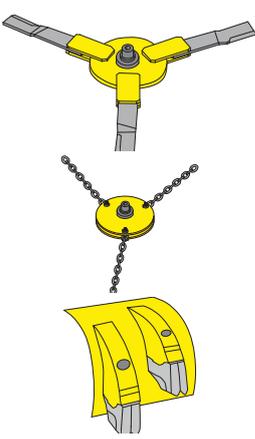
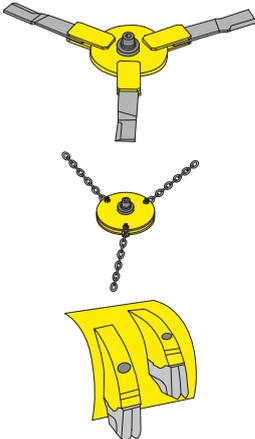
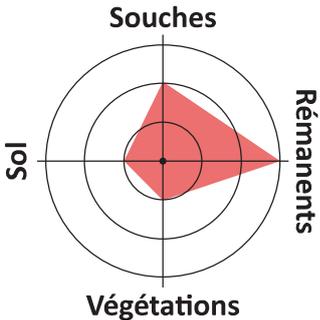
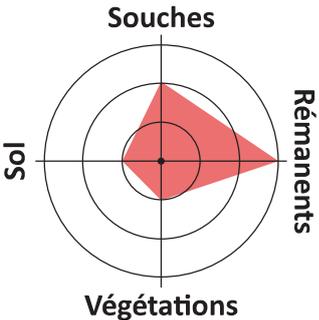
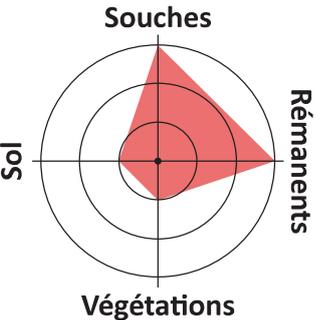
- destruction des racines de la végétation concurrente dans les premiers centimètres du sol
- efficace sur la végétation herbacée, semi-ligneuse, ligneuse et sur les souches
- broyage des rémanents

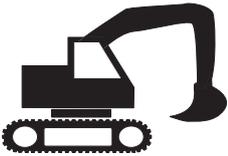
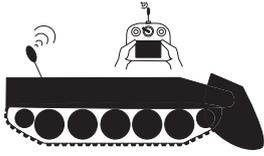
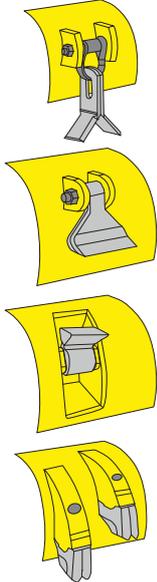
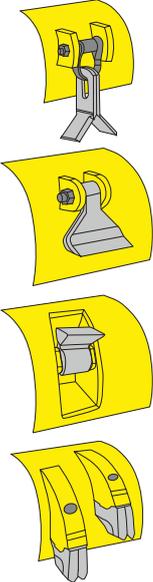
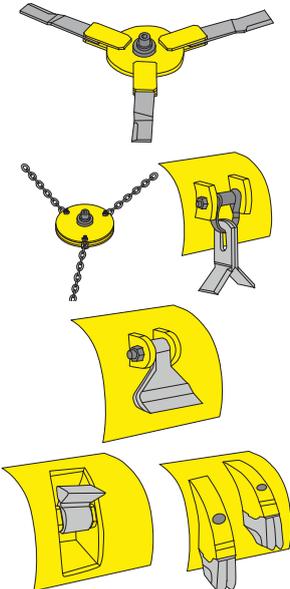
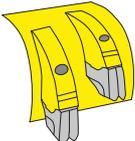
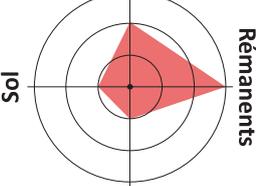
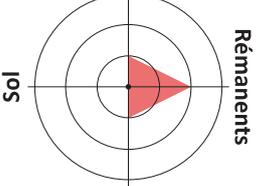
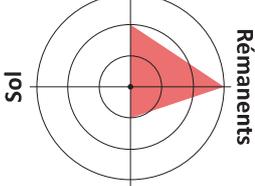
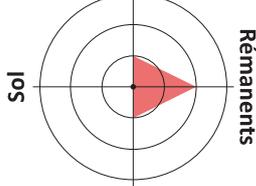
Inconvénients

- poids plus élevé par rapport à un broyeur à axe vertical
- inadapté en présence d'affleurements rocheux (contournements répétés, risque de casse) → préférer l'andainage

Fléaux	Marteaux mobiles		Dents fixes
	Classique	Effaçable	
 <p>Pièces mobiles légères et tranchantes</p> <p>Ø ligneux < 4 cm</p> <ul style="list-style-type: none"> ✗ souches ✗ cailloux ✗ affleurements rocheux 	 <p>Pièces mobiles lourdes et tranchantes</p> <p>Marteaux effaçables permettant de limiter la casse</p> <p>Ø ligneux 4- 7 cm</p> <ul style="list-style-type: none"> ✗ souches ✓ cailloux (effaçable) ✗ affleurements rocheux 		 <p>Pièces fixes</p> <p>Ø ligneux > 7 cm</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ souches ✓ cailloux ✗ affleurements rocheux

3. Les engins

	Tracteur	Automoteur sur roues	Automoteur chenillé
			
			
Efficacité maximale	<p>Souches</p>  <p>Rémanents</p> <p>Végétations</p>	<p>Souches</p>  <p>Rémanents</p> <p>Végétations</p>	<p>Souches</p>  <p>Rémanents</p> <p>Végétations</p>
Milieux adaptés	Sols portants	Sols portants	Sols sensibles
Pente	< 30 %	-	< 100 % (< 57 % en dévers)
Modalités de travail			
Impact au sol	Risque de tassement, d'orniérage ou de compaction		Empreinte réduite
	± 1500 g/cm ²	-	± 350 g/cm ²
Déplacement	Limité sur route		Par camion
Puissance	50 – 500 cv	100 – 400 cv	100 – 765 cv

	Pelleteuse	Minipelle	Chargeur compact	Radiocommandé
				
				
Efficacité maximale	<p>Souches</p>  <p>Rémanents</p> <p>Végétations</p>	<p>Souches</p>  <p>Rémanents</p> <p>Végétations</p>	<p>Souches</p>  <p>Rémanents</p> <p>Végétations</p>	<p>Souches</p>  <p>Rémanents</p> <p>Végétations</p>
Milieux adaptés	Sols sensibles Présence d'obstacles (rémanents encombrants)	Sols sensibles Zones étroites : placeaux d'enrichissement, ...		
Pente	< 70 %	< 58 %	< 35%	< 120 %
Modalités de travail		Rayon d'action de 360 ° & travail précis		
Impact au sol	Empreinte réduite			
	± 250 – 450 g/cm ²	± 300 g/cm ²	± 300 – 440 g/cm ²	± 200 g/cm ²
Déplacement	Par camion			Par véhicule léger si poids remorque + engin < 3,5 t
Puissance	10 – 45 t	2 – 10 t	40 – 200 cv	30 – 180 cv

4. Choisir l'outil et l'engin adaptés à ma situation



Broussailles ou végétation herbacée
Absence de rémanents,
de recrû ligneux ou de taillis

Recrû ligneux ou taillis constitué de
brins de faible dimension ($\varnothing < 4 \text{ cm}$)
Absence de rémanents ou très fins
Absence de souches
Sol non caillouteux

Graminée prépondérante
($> 50\%$) ?

Modalités
de travail ?

NON

OUI

Affleurements
rocheux ?

En plein ou
en bandes

Localisé ou en
bandes étroites

OUI

NON

Pente $> 30\%$
et/ou sensibilité
au tassement ?

OUI

NON


 < 100 cv

 > 100 cv

 > 100 cv



 < 100 cv

 > 100 cv

 > 100 cv

 > 40 cv

 > 40 cv



 > 130 cv



 < 55 cv



 2 - 10 t




 80 cv




 > 40 cv



travail assez lourd

travail lourd

Rémanents peu volumineux ($< 10 \text{ m}^3/\text{ha}$)
Recrû ligneux ou taillis constitués de brins de dimension moyenne ($4 \leq \varnothing \leq 7 \text{ cm}$)
Souches présentes en faible nombre ($< 50 \text{ ha}$) ou arasées

Rémanents volumineux, encombrement fortement la parcelle
Recrû ligneux ou taillis constitués de brins de forte dimension ($\varnothing > 7 \text{ cm}$)
Souches présentes en nombre important ($> 50 \text{ ha}$)

Modalités de travail ?

Modalités de travail ?

En plein ou en bandes

Localisé ou en bandes

En plein ou en bandes

Localisé ou en bandes

Pente $> 30 \%$ et/ou sensibilité au tassement ?

Pente $> 30 \%$ et/ou sensibilité au tassement ?

OUI

NON

OUI

NON



> 130 cv




10 - 13 t




> 60 cv




> 130 cv




10 - 13 t




> 75 cv




> 130 cv




> 15 t




> 150 cv




> 150 cv




> 15 t



5. Précautions d'usage

Il convient de respecter les consignes de mise en œuvre suivantes :

- 0 Rémanents après coupe rase : attendre idéalement au moins un été pour permettre le séchage du bois et une meilleure efficacité du broyage. Les jeunes rémanents de moins de 6 mois n'éclatent pas sous le broyeur et donc plus difficiles à traiter ; préférer alors l'andainage
- 0 Intervenir sur sol **porteur** et **ressuyé** pour limiter le compactage et l'orniérage
- 0 Ne pas intervenir en **période de mise bas et d'éclosion** (mars à juin) : risques importants de destruction des portées ou des nichées
- 0 Eviter le broyage **systématique en plein** des parcelles après coupe rase sans **réflexion préalable** (nécessité d'une intervention, choix des outils à utiliser). En fonction du schéma de plantation, possibilité de broyage par bandes ou localisé

6. Effets du travail du sol sur la végétation

Le tableau suivant fait état de l'effet de broyage sur les végétations présentes avant l'intervention. Pour plus de précisions voir la fiche 5 gestion de la végétation d'accompagnement. Le broyage peut amener au développement de certaines végétations ou au remplacement par de la graminée (inversion de flore).

Végétation	Effet
La fougère aigle	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ réactivation des bourgeons dormants en réserve sur les rhizomes ⇒ maintien de la compétition racinaire ⇒ réduction temporaire de la concurrence avant la repousse suivante plus intense
Les ronces	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ en cas de broyage léger, réduction des tiges en fragments pouvant donner lieu à une multiplication des pieds par bouturage en cas d'enfouissement ⇒ risque de substitution de la ronce par la graminée en cas d'élimination totale
Les graminées	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ effet tonte des broyeurs à axe vertical : à proscrire
Les ligneux	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ risque de perte d'accompagnement en cas d'élimination totale ⇒ risque de développement des végétations plus compétitrices (graminées, fougères)
La bruyère et la myrtille	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ effet tonte et réactivation : à éviter

7. Prévention phytosanitaire

Dans certains cas, le broyage des rémanents est conseillé pour lutter contre certains ravageurs.

Pathogènes	Hôtes	Dégâts	À faire
Typographe <i>Ips typographus</i>	Épicéa	Altération des billes de pied. Attaque d'arbres sains en période de pullulation.	Evacuation des bois atteints et broyage des rémanents de grosses dimensions ou démonter les houppiers pour les rendre impropres à la colonisation.
Sténographe <i>Ips sexdentatus</i>	Pin et épicéa	Mort de l'arbre par ceinturage des tissus conducteurs de sève	Broyage des rémanents de plus de 7 cm de diamètre ou les brûler dans ou à proximité du peuplement atteint.
Hylésine du frêne <i>Leperesinus fraxini</i> Hylésine crénelé <i>Hylesinus crenatus</i>	Frêne	Accélération du dépérissement et de la mort de l'arbre	Présent sur bois abattus : évacuation des grumes et broyage éventuel des rémanents de plus de 5 cm .

Fiche technique REGE n°2

L'andainage



1. Principes

L'andainage est un nettoyage en surface du terrain par rassemblement en tas ou en cordons appelés andains, des rémanents issus le plus souvent d'une coupe rase ou d'une parcelle sinistrée par des chablis. Cette technique est privilégiée sur des parcelles nécessitant un nettoyage et comportant des affleurements rocheux. Ce travail intervient dans le cadre d'une préparation de terrain avant plantation. Il facilite en effet le travail des planteurs puis des ouvriers chargés de réaliser les entretiens manuels ultérieurs (dégagements, tailles...), voire la circulation des engins en cas de mécanisation des entretiens.

Le choix de la technique d'andainage doit être raisonné préalablement en fonction de la nature et de l'importance des rémanents, de la praticabilité de la parcelle et du schéma de reboisement prévu. Ce type de traitement peut éventuellement être combiné à un dessouchage.



Pour une meilleure compréhension de la fiche, se référer au mode d'emploi détaillant chaque rubrique

Avantages		
Sylviculture	Sol	Milieu
<ul style="list-style-type: none"> • traitement des souches • plants à proximité des andains protégés des vents dominants • facilite la plantation et la circulation • permet de matérialiser l'emplacement des futurs cloisonnements d'exploitation ¹ 	<ul style="list-style-type: none"> • possible sur tous types de sols, quels que soient leur pierrosité et leur degré d'hydromorphie • effet de paillage localisé sur la parcelle (préservation de l'humidité) 	<ul style="list-style-type: none"> • peignage de la végétation • abris pour la faune

Inconvénients		
Sylviculture	Sol	Milieu
<ul style="list-style-type: none"> • risque d'entrave à la circulation dans la parcelle en cas de positionnement inadapté (andains continus sans zone de franchissement) • aspect inesthétique les premières années • perte relative d'espace dédiée à la plantation d'autant plus importante que les écartements sont faibles • limitation de la circulation latérale de l'air 	<ul style="list-style-type: none"> • risque de décapage des horizons organiques (fertile) • risque de déplacement excessif de la matière organique du sol vers les andains entraînant une baisse de fertilité • risque de compaction du sol en cas d'utilisation d'outils poussés • mise à nu du sol : augmente la sensibilité au dessèchement et à l'échauffement 	<ul style="list-style-type: none"> • en mise à blanc de résineux, risque de prolifération de scolytes, hylobes et rongeurs ² • risque de colonisation de végétations concurrentes

¹ Si les andains initiaux se sont largement décomposés avant la première éclaircie ou s'ils ont été broyés

² Possibilité d'installer des perchoirs en T placés dans le sens de la plantation pour améliorer les prélèvements de rongeurs par les rapaces

2. Outils

a. Outils portés

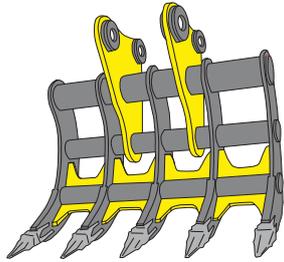
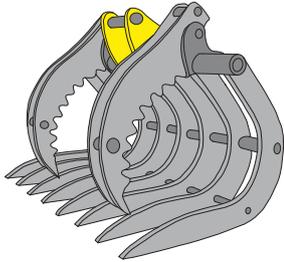
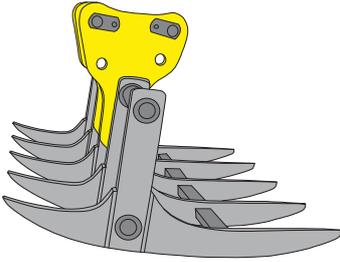
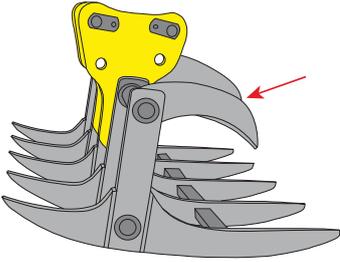
Les outils d'andainage portés travaillent en soulevant les rémanents. Ils sont utilisés avec des pelleteuses. Ils permettent de produire des andains de taille réduite et rapprochés (10 – 25 m).

Avantages

- permettent de soulever et secouer les rémanents : faible exportation d'humus, restitution des écorces, aiguilles/feuilles au sol
- circulation des pelleteuses localisée sur la parcelle (déplacement linéaire et travail en déport), limitant la compaction du sol
- adaptés aux parcelles encombrées de chablis : bris de troncs ou de cimes, galettes racinaires, démantèlement des souches renversées ou déterrées
- griffage / scarification possible du sol (humus brut) ou de la végétation en complément de l'andainage et en localisé
- préservation de zones de semis et des végétations d'accompagnement

Inconvénients

- en cas de dessouchage, les modèles sans pince emportent plus de terre : nécessité de secouer les rémanents

Râteaux	
Sans pince	Avec pinces
	
✓ affleurements rocheux ✗ décapage contrôlé de l'humus	✓ affleurements rocheux ✗ décapage contrôlé de l'humus
Scarificateurs	
Sans pince	Avec pinces
	
✓ affleurements rocheux ✓ décapage contrôlé de l'humus	✓ affleurements rocheux ✓ décapage contrôlé de l'humus

b. Outils poussés/ratiseurs

Les outils d'andainage poussés/ratiseurs sont utilisés devant un tracteur ou un automoteur par poussées. A l'instar des outils portés, les râteaux permettent de former des andains de tailles réduites. En revanche, la lame Rome emporte beaucoup de terre et de pierres, produit des andains de grandes dimensions. Globalement les outils poussés/ratiseurs peuvent être dommageables pour le sol en raison des passages répétés qu'ils doivent réaliser pour former les andains.

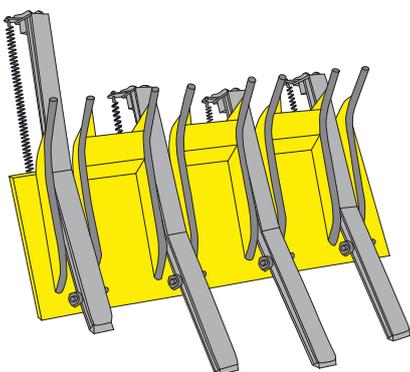
Avantages

- réduction possible de l'épaisseur des humus bruts sur sol très acide (exportation sur les andains)
- effet crochitage du sol (sauf lame coupante)

Inconvénients

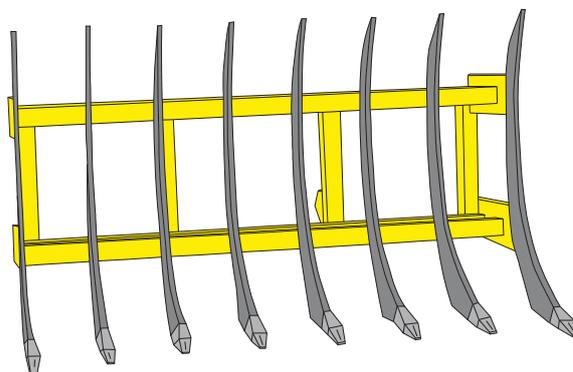
- travail facilité par un dessouchage préalable
- nécessite une circulation sur la totalité de la parcelle par des passages répétés → risque de compaction
- travail systématique ne permettant pas de sauvegarder des semis naturels
- non adaptés en zones de chablis → nécessité d'un « porté »
- décapage non contrôlé du sol par exportation de matière organique

Râteau andaineur à dents escamotables³



- ✗ affleurements rocheux
- ✓ décapage contrôlé de l'humus

Râteau andaineur à dents fixes

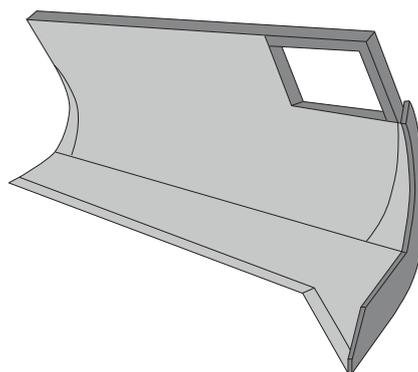


- ✗ affleurements rocheux
- ✗ décapage contrôlé de l'humus

Lame coupante (lame Rome)

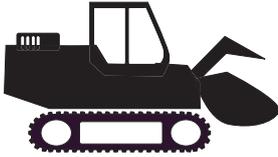
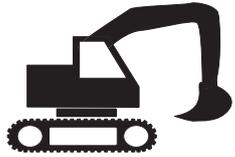
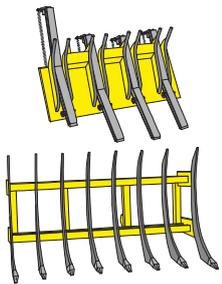
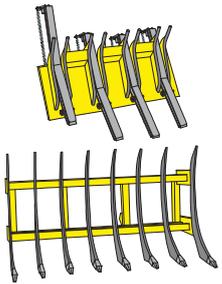
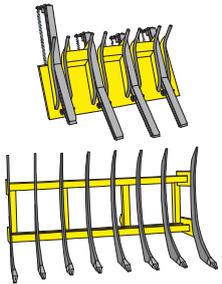
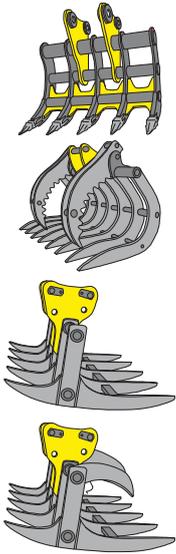
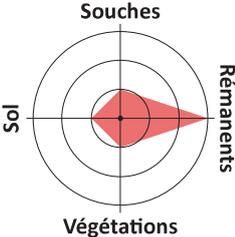
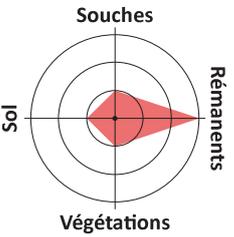
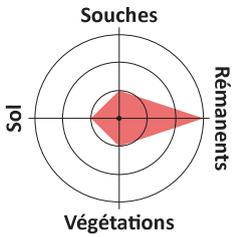
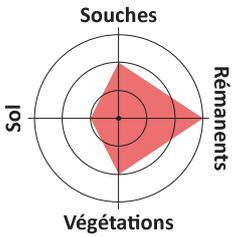
Cet outil est à éviter. Il décape le sol de l'horizon organique de manière excessive et l'emporte dans les andains

- ✗ affleurements rocheux
- ✗ décapage contrôlé de l'humus



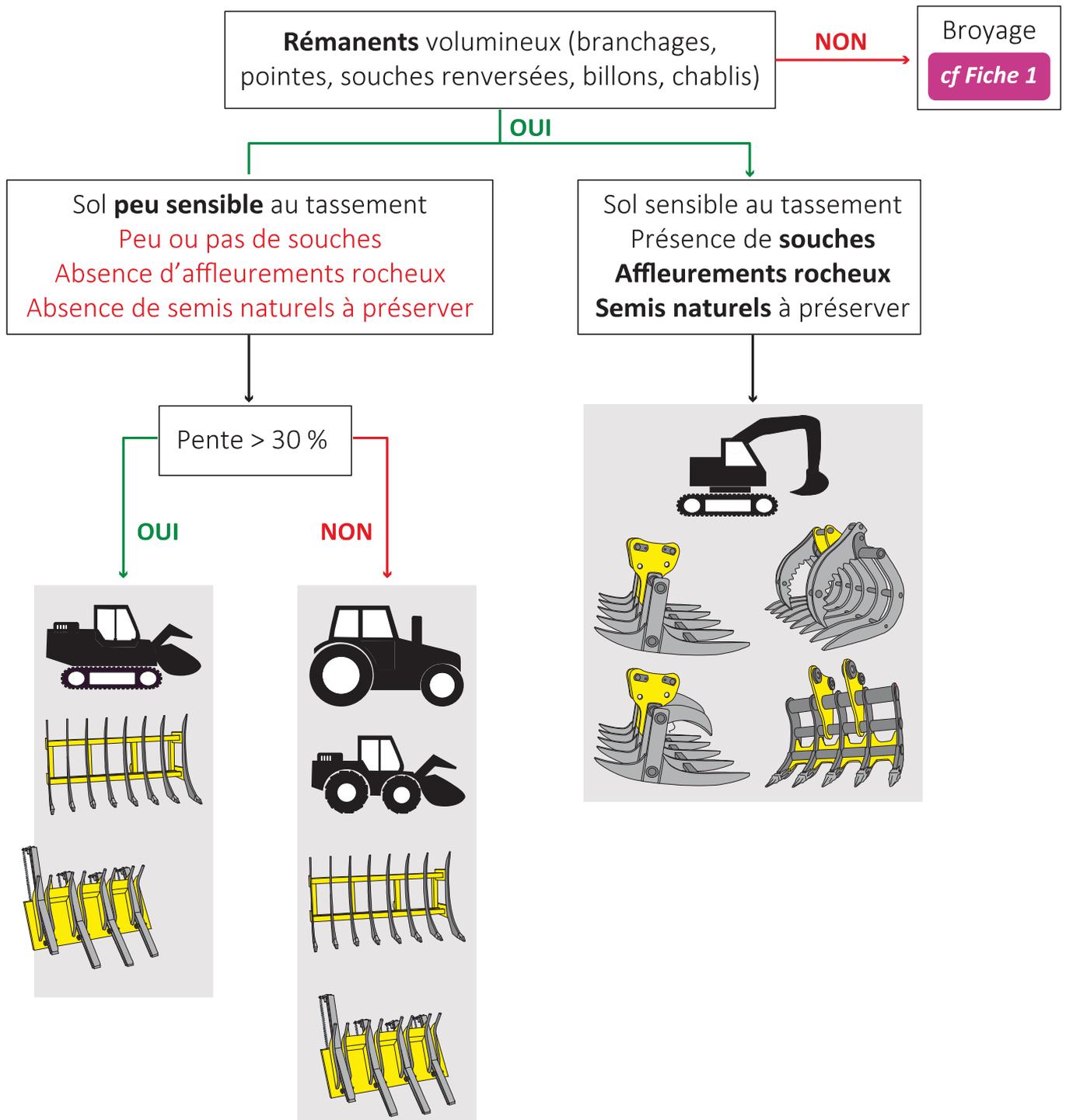
³ Outil relativement fragile par son mécanisme de relevé de bras qui peut se gripper

3. Les engins

	Tracteur	Automoteur sur roues	Automoteur chenillé	Pelleteuse
				
				
Efficacité maximale				
Milieus adaptés	Sols portants peu sensibles au tassement	Sols portants peu sensibles au tassement Présence d'obstacles rocheux	Sols portants peu sensibles au tassement Présence d'obstacles rocheux	Sols sensibles Présence d'obstacles rocheux
Pente	< 30 %	-	< 100 % (< 57 % en dévers)	< 70 % ⁴
Modalités de travail				
	Travail peu précis			Rayon d'action de 360 ° & travail précis
Impact au sol	Risque de tassement, d'orniérage ou de compaction		Empreinte réduite (chenille)	Empreinte réduite (chenille) Chenille en caoutchouc : cisaillement limité
	± 1500 g/cm ²	-	± 350 g/cm ²	± 250 - 450 g/cm ²
Déplacement	Limité sur route		Par camion	
Puissance	44 – 160 cv	-	-	10 – 60 t

⁴ Au-delà de 50 % de pente, la pelleteuse aura un rendement inférieur. L'utilisation de pelleteuse dite « araignée » devra être envisagée

4. Choisir l'outil et l'engin adaptés à ma situation



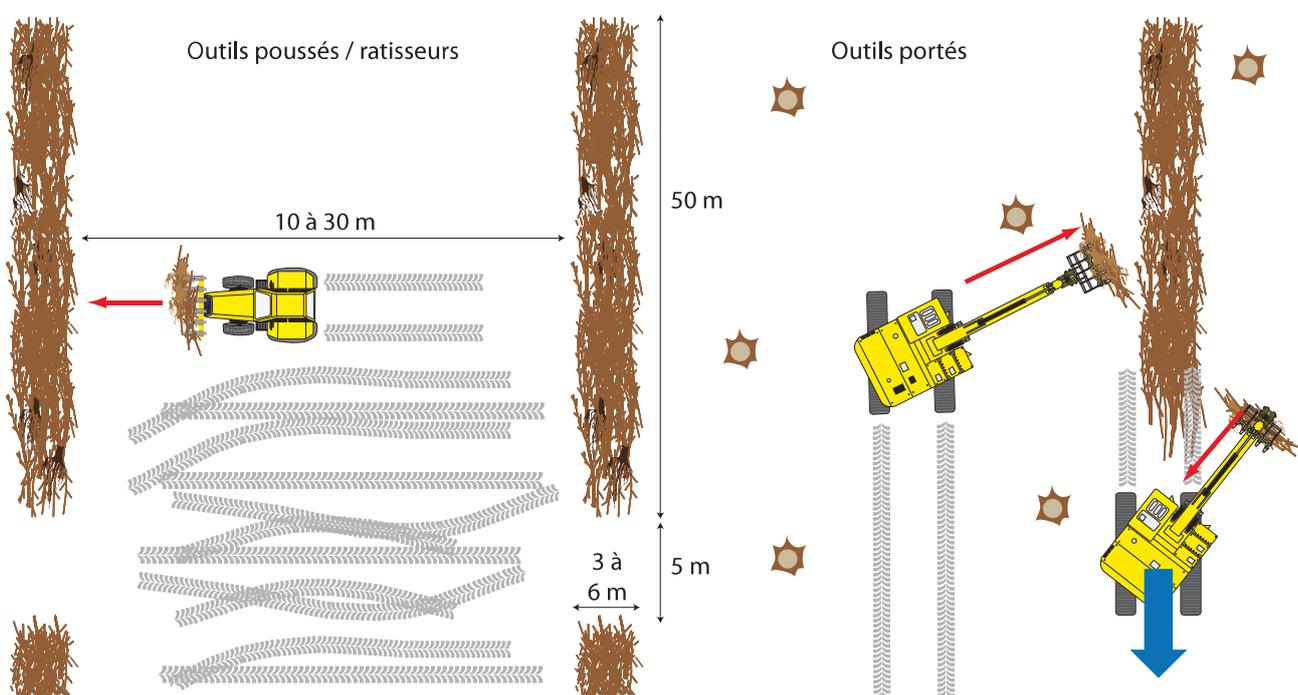
5. Précautions d'usage

Il convient de respecter les consignes de mise en œuvre suivantes :

- o Intervenir sur sol **porteur** et **ressuyé** pour limiter le compactage et l'orniérage
- o L'andainage est **à réserver aux parcelles encombrées de rémanents**, dont le maintien « en l'état » compliquerait la plantation et les dégagements, générant des surcoûts, ou aux parcelles dont les rémanents sont **âgés de moins de 6 mois**, difficiles à broyer car trop humides
- o **Limiter l'exportation des minéraux** : attendre un délai de quelques semaines à quelques mois après l'exploitation/chablis → minéraux des feuilles/aiguilles restitués au sol sans être emportés vers les andains
- o Préserver les végétations herbacées pour **limiter la perte** des éléments minéraux après coupe. En absence de **végétation d'accompagnement, préserver l'humus** au maximum
- o **Sol sensible hydromorphe** : déplacement des engins localisé sur lits de branches
- o **Disposer les andains** parallèlement aux futures lignes de plantation, en cordons espacés de 10 à 30 m avec aménagement d'un passage tous les 50 m, à placer à la perpendiculaire des vents dominants pour faire effet coup de vent (en terrain plat)
- o **Limiter l'écartement entre les andains** : des andains **peu espacés** et **peu volumineux** mettront moins de temps à se décomposer et préserveront mieux la fertilité, la microporosité et la capacité de drainage du sol. Les gros andains (> à 2 m de haut) sont à proscrire
- o Pour compenser la perte d'espace avec les andains, il peut être envisagé de varier l'espacement entre les lignes
- o **Ne pas disposer** les andains **à moins de 5 m** d'un **cours d'eau**. Le **dernier** doit être disposé **parallèlement** : pour éviter les rejets de sédiments dans l'eau
- o Si les andains matérialisent les futurs cloisonnement, ils doivent être de dimensions réduites au risque qu'ils n'aient pas eu le temps de se décomposer avant la première éclaircie

REPRÉSENTATION DES DEUX CATÉGORIES D'OUTILS ET DE LEURS PARCOURS RESPECTIFS

Les engins portant des outils poussés nécessitent de parcourir l'entièreté de la parcelle contrairement aux engins avec des outils portés.



6. Effets de l'andainage sur la végétation

Le tableau suivant fait état de l'effet de l'andainage sur les végétations présentes avant le nettoyage. Pour plus de précisions voir la fiche gestion de la végétation d'accompagnement.

L'andainage amène un bouleversement des horizons de surface favorisant la germination de nouvelles graines. Selon le stock de graines préexistant, il peut y avoir une colonisation rapide par une végétation de type graminée, semi-ligneuse (genêts, ajoncs...) ou ligneuse (bouleau, saules, tremble, noisetier), de manière plus ou moins virulente.

Végétation	Effet
La fougère aigle	⇒ pas d'effet particulier
Les ronces	⇒ effet de peignage-arrachage sur les ronciers bien formés, âgés de plusieurs années → diminution de la vigueur
Les graminées	⇒ risque de colonisation rapide des sols après décapage des végétations → préjudice au développement des régénérations les premières années
Les ligneux	⇒ sur station acide, risque de développement rapide et massif du genêt à balais en 2 ou 3 ans ⇒ arrachage possible de ligneux préexistants avec risque d'augmentation du volume de l'andain

Fiche technique REGE n°3

Le sous-solage



1. Principes

Le sous-solage est un travail profond du sol, réalisé entre 30 et 80 cm, permettant de décompacter, éclater ou fissurer une couche compacte ou imperméable située en-dessous des horizons de surface. Cette technique traite les semelles de labour (anciennes terres agricoles), les alios, les horizons indurés de type *fragipan* voire les couches argileuses. L'objectif poursuivi est l'augmentation de la profondeur prospectable par les racines et l'amélioration de la perméabilité des sols hydromorphes. La technique de sous-solage est réalisée à l'aide d'une ou plusieurs dent(s). Chaque dent est constituée d'une forte lame verticale, éventuellement munie d'ailettes, terminée par un obus.

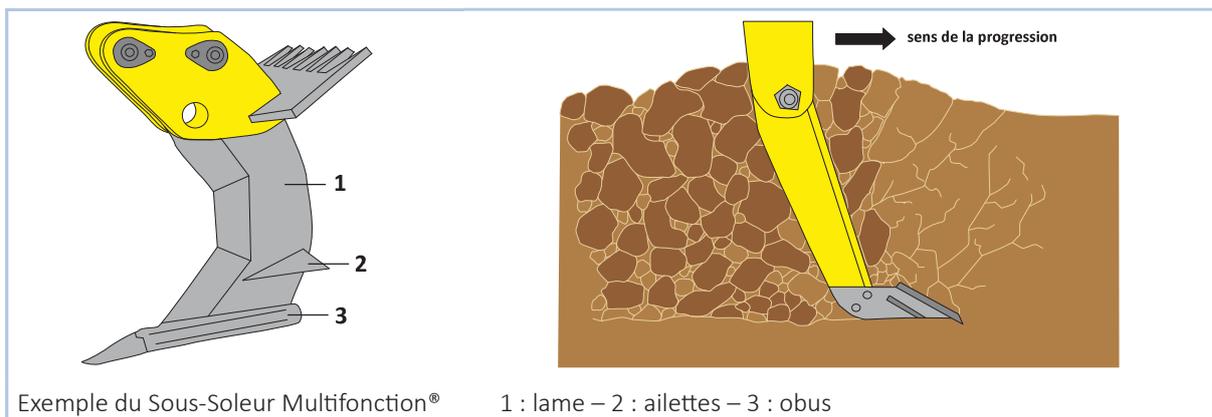
A noter : la charrue forestière effectuée également un travail de décompaction profond mais il s'agit d'un labour qui bouleverse le sol de manière importante (retournement des horizons). Pour plus d'informations consulter la fiche travail du sol.



Pour une meilleure compréhension de la fiche, ce référer au mode d'emploi détaillant chaque rubrique



Le sous-solage est une intervention lourde et coûteuse. Ses effets sur la décompaction des sols en forêt sont encore peu documentés. Dans de mauvaises conditions, la technique peut apporter plus de méfaits que de bienfaits, notamment sur les sols lourds. Un diagnostic préalable des conditions de réussite est donc vivement recommandé. Dans tous les cas, la mise en place de mesures préventives sera toujours à favoriser (cloisonnements d'exploitation, période d'intervention, engins adaptés ...).



Avantages

Sylviculture

- amélioration de la qualité et de la rapidité de la plantation : jalonement pas nécessaire, moins de coups de houe et meilleure disposition des racines en terre
- amélioration du développement racinaire des plants → croissance de la tige optimisée
- économie de dégagements grâce à un démarrage plus rapide des plants après installation, notamment sur techniques combinées

Sol

- régénération de la structure des sols compactés par le passage d'engins
- peu de bouleversement des horizons, fonction de la dextérité de l'opérateur
- drainage naturel facilité

Inconvénients

Sylviculture

- efficacité limitée sur les sols compactés en profondeur
- identification nécessaire des causes de compaction

Sol

- mise en œuvre délicate en raison du nombre de facteurs à réunir
- inadapté sur sols argileux en conditions humides

2. Outils

a. Dent de sous-solage tractée

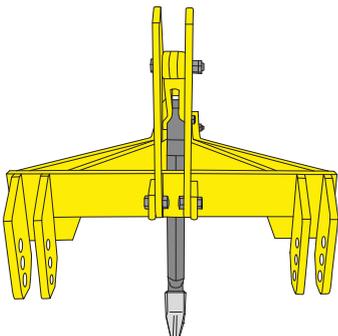
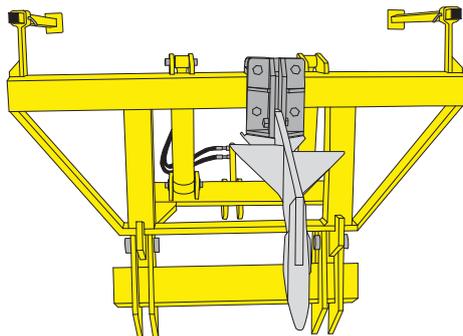
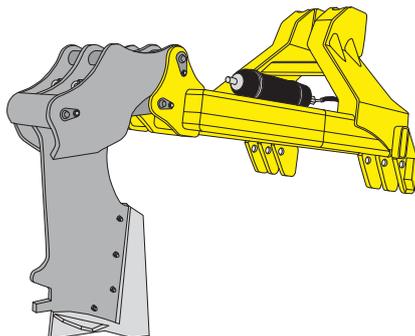
Porté à l'arrière d'un tracteur, ce type d'outil ne comporte qu'une seule dent de sous-solage permettant de travailler sur la ligne de plantation. En règle générale, le terrain doit être préalablement nettoyé de ses rémanents (risque de bourrage) et comporter peu de souches (risque de relèvement)

Avantages

- travail à profondeur réglable et constante
- avancement linéaire en continu ; certains outils disposent d'un système non-stop permettant de franchir des souches
- rapidité d'exécution, faibles coûts horaires
- travail des planteurs facilité par le traçage des lignes de plantation

Inconvénients

- nécessité de traiter la végétation avant intervention
- travail réservé aux sols dégagés et comportant peu de souches
- écartement des lignes de plantation supérieur à 2,5 m en raison de l'entraxe des roues du tracteur utilisé

Sous-soleur tracté	Sous-soleur tracté déporté®	Décompacteur forestier®
<p>Outil centré sur l'axe du tracteur</p> 	<p>Déport de la dent réglable par rapport à l'axe du tracteur (max 20 cm), permettant de réaliser 2 traits de sous-solage rapprochés par aller-retour</p> 	<p>Système non-stop : travail même en présence de souches ou de pierres</p> 
<ul style="list-style-type: none"> × rémanents et souches × végétations herbacées et semi-ligneuses <p>Profondeur de travail : 70 cm</p>	<ul style="list-style-type: none"> × rémanents et souches × végétations herbacées et semi-ligneuses <p>Profondeur de travail : 70 cm</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ rémanents et souches × végétations herbacées et semi-ligneuses <p>Profondeur de travail : 80 cm</p>

b. Dent de sous-solage portée avec outil de décapage du sol

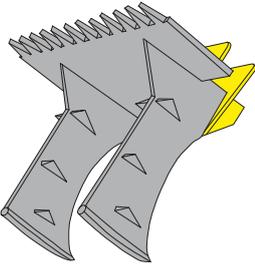
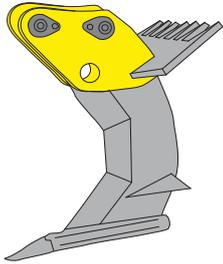
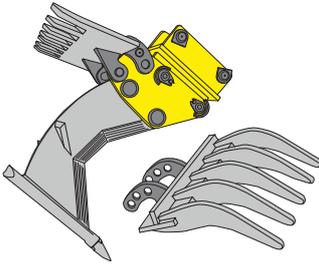
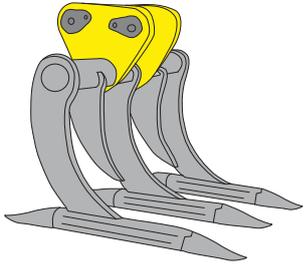
Ce type d'outil se compose d'une ou plusieurs dents de sous-solage, équipée(s) d'une griffe ou d'un peigne servant à décaper préalablement le sol contre les **végétations concurrentes** herbacées et les **rémanents**. Il est porté par une pelleteuse en travail localisé (bande ou placeaux).

Avantages

- outil combiné ne nécessitant pas de traiter préalablement la végétation ou les rémanents
- travail localisé (bandes ou placeaux)
- mise en œuvre possible en présence d'obstacles ou de rémanents, voire de souches de faible diamètre (extraction possible)
- plus précis que la dent simple
- travail possible sur des petites surfaces (enrichissements, trouées)
- respect des régénérations déjà en place
- traitement des végétations concurrentes permettant de réduire le nombre de dégagements et de regarnis (économie)
- méthode brevetée 3B® : mise en place avec Modul'D®, Sous-soleur multifonction®

Inconvénients

- inadapté au travail en plein
- coût plus important que la dent de sous-solage tractée, compensé par une économie de dégagements (traitement de la végétation)
- profondeur de travail non définie, dépendant de l'opérateur : max. 40- 45 cm en pratique
- en cas de travail par placeaux, déplacement des planteurs dans la parcelle ralenti par l'encombrement des zones intercalaires non traitées

Bident Maillard®	Sous-Soleur Multifonction®	Modul'D®	Scarificateur Réversible®
Double dent de sous-solage équipée d'un peigne désherbeur d'une largeur de 1,80 m	Dent de sous-solage simple équipée d'un peigne désherbeur de 60 cm	Sous-Soleur Multifonction® modifié pouvant être équipé de deux peignes différents (65 ou 105 cm) avec possibilité de régler leur inclinaison	5 dents de travail du sol : 3 dents pourvues chacune d'un obus de sous-solage et 2 dents simples
			
Profondeur de travail théorique : de 70 à 90 cm sur 1,5 m de largeur	Profondeur de travail théorique : jusqu'à 60 cm	Profondeur de travail théorique : jusqu'à 60 cm	Profondeur de travail théorique : 40 à 60 cm Outil idéal de maîtrise de la fougère aigle



Pour plus d'information concernant la Bident Maillard® ou le Scarificateur Réversible®, consulter les fiches réalisées par l'Inra : <https://www6.inrae.fr/renfor/Ressources/Fiches-techniques>

c. Outils combinés

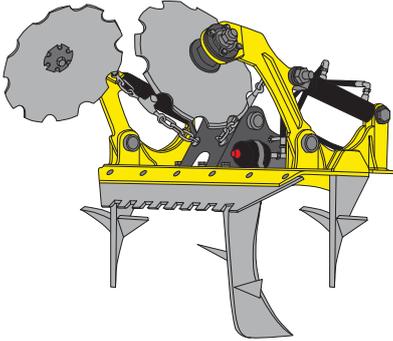
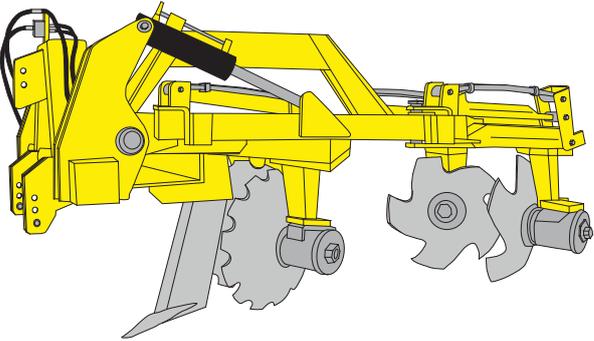
Ce type d'outil combine plusieurs techniques en 1 passage : sous-solage, billonnage du sol voire décapage de la végétation. Il est mis en œuvre par un tracteur ou une pelle mécanique.

Avantages

- plusieurs actions en un seul passage → limite le risque de compaction
- diminue le temps de travail par combinaison de techniques, l'augmentation de la largeur de travail et la vitesse d'avancement (optimisation technique)
- réduit le nombre de dégagements et de regarnis (réduction des coûts totaux)
- disques permettant l'émiettement de la terre en surface
- possibilité de réaliser la méthode 3B®

Inconvénients

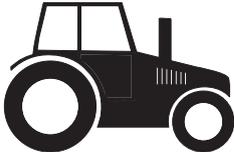
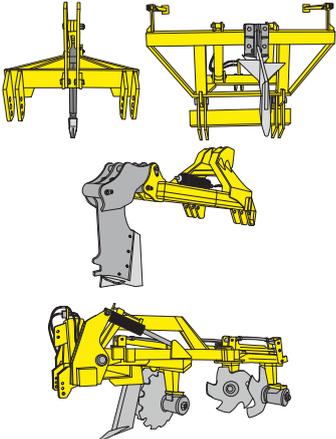
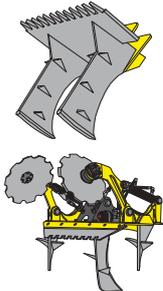
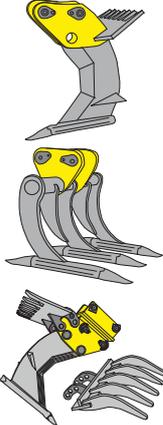
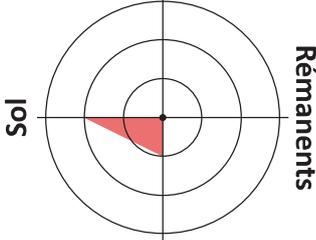
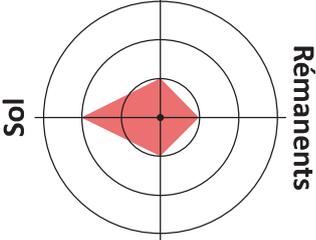
- demande une plus grande puissance de l'engin
- un traitement préalable des résidus et de la végétation peut s'avérer nécessaire selon le choix de l'outil
- inconvénients des outils montés sur pelle similaires à ceux des dents de sous-solage avec outil de décapage du sol
- coût important des outils combinés montés sur pelle

DB10®	Culti 3B®
<p>Utilisé sur pelle mécanique. Triple dent de sous-solage simple sans obus équipé de deux disques et d'un peigne de désherbage facultatif (le peigne peut être remplacé par la lame niveleuse de la pelle)</p>  <ul style="list-style-type: none">✓ résidus✓ végétations herbacées et semi-ligneuses <p>Profondeur de travail : jusqu'à 60 cm Disques rétractables</p>	<p>Utilisé sur tracteur. Outil équipé de 2 paires de disques opposés modulables et d'une dent de sous-solage simple rétractable.</p>  <ul style="list-style-type: none">✗ résidus✗ végétations <p>Profondeur de travail : 40 à 70 cm Largeur de travail : 2,80 m max.</p>

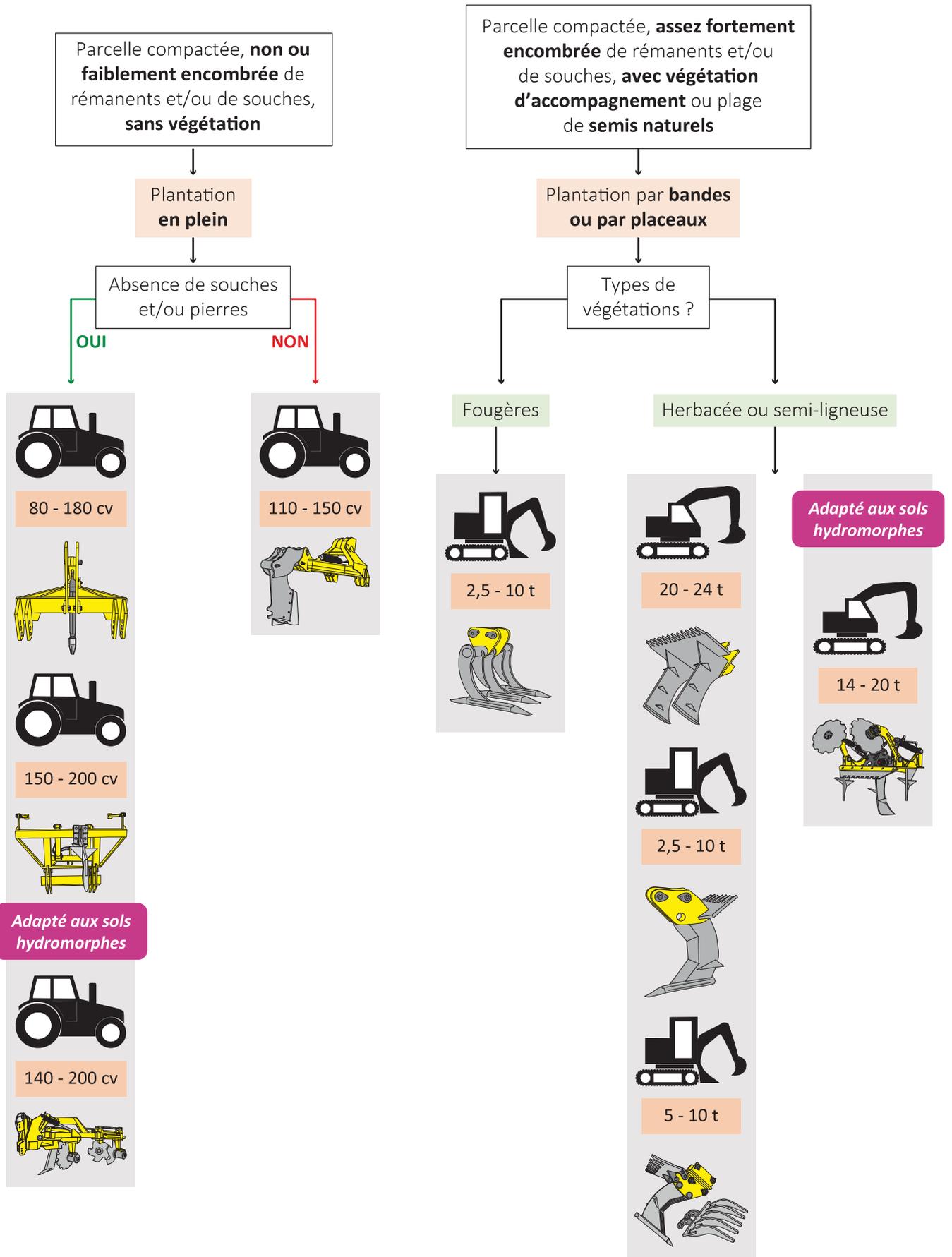


Pour plus d'information concernant le Culti 3B®, consulter la fiche réalisée par l'Inra : <https://www6.inrae.fr/renfor/Ressources/Fiches-techniques>

3. Les engins

	Tracteur	Pelleteuse > 10 t	Minipelle
			
			
Efficacité maximale	<p>Souches</p>  <p>Rémanents</p> <p>Sol</p> <p>Végétations</p>	<p>Souches</p>  <p>Rémanents</p> <p>Sol</p> <p>Végétations</p>	<p>Souches</p>  <p>Rémanents</p> <p>Sol</p> <p>Végétations</p>
Milieux adaptés	Sols portants	Sols sensibles Présence d'obstacles (rocheux, rémanents encombrants)	Sols sensibles Présence d'obstacles rocheux Zones étroites : placeaux d'enrichissement, ...
Pente	< 30 %	< 70 %	< 58 %
Modalités de travail	 		
Impact au sol	Risque de tassement, d'orniérage ou de compaction	Empreinte réduite	
	±1500 g/cm ²	±250 – 450 g/cm ²	±300 g/cm ²
Déplacement	Limité sur route	Par camion	
Puissances	80 – 300 cv	14 à 24 t	2,5 à 10 t

4. Choisir l'outil et l'engin adaptés à ma situation



5. Précautions d'usage

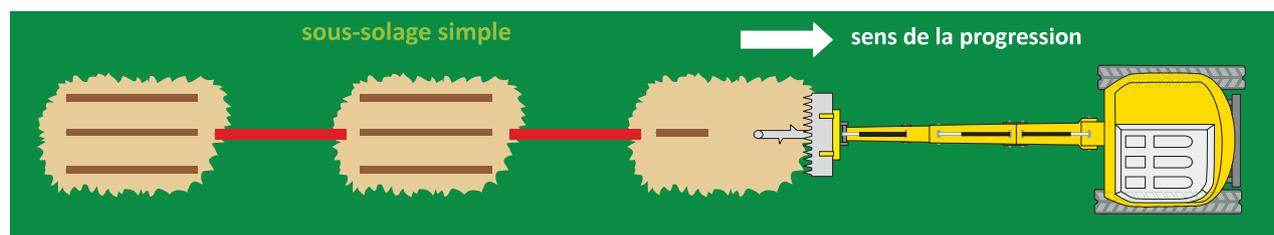
Il convient de respecter les consignes de mise en œuvre suivantes :

DIAGNOSTIC PRÉALABLE

- Opération coûteuse qui doit être mûrement **réfléchie et planifiée** → diagnostic préalable des causes de la compacité
- Réaliser un diagnostic pédologique préalable à l'aide d'une micro-fosse :
 - Réaliser un test de **compacité** (ie. test au couteau) pour apprécier la profondeur et l'intensité de la compaction → sous-solage 2 à 5 cm sous la couche compactée
 - Identification de la **texture**, notamment la teneur en argile
 - Apprécier le niveau d'**humidité en profondeur** :
 - *sol trop humide* : risque de remontée des mottes, lissage des parois, re-compaction en profondeur
 - *sol trop sec* : pénétration de la dent de sous-solage difficile, travail nécessitant plus de puissance et création de blocs de terre, non propices à l'enracinement

PRÉCONISATIONS GÉNÉRALES

- Intervenir sur sol **porteur** et **ressuyé** pour limiter le compactage et l'orniérage
- Compactage important : deux passages croisés peuvent s'avérer nécessaires
- Sols argileux :
 - travailler sur **sol bien drainé** pour éviter le lissage des parois par le passage de l'outil ; intervention au printemps déconseillée
 - planter en **fin de période hivernale**, pour limiter le risque de déchaussement généré par la succession gel-dégel
- Sols hydromorphes :
 - en travail par placeaux, relier les potets par un trait de sous-solage dans le sens de la pente jusqu'à un exutoire
- Travail par **bandes ou placeaux** : adapter la **largeur de travail** au type de la végétation en place et à sa hauteur
- Terrain en **pente** :
 - Orienter la direction des lignes de sous-solage en oblique par rapport au sens de la pente, pour favoriser l'évacuation de l'eau et limiter le ravinement



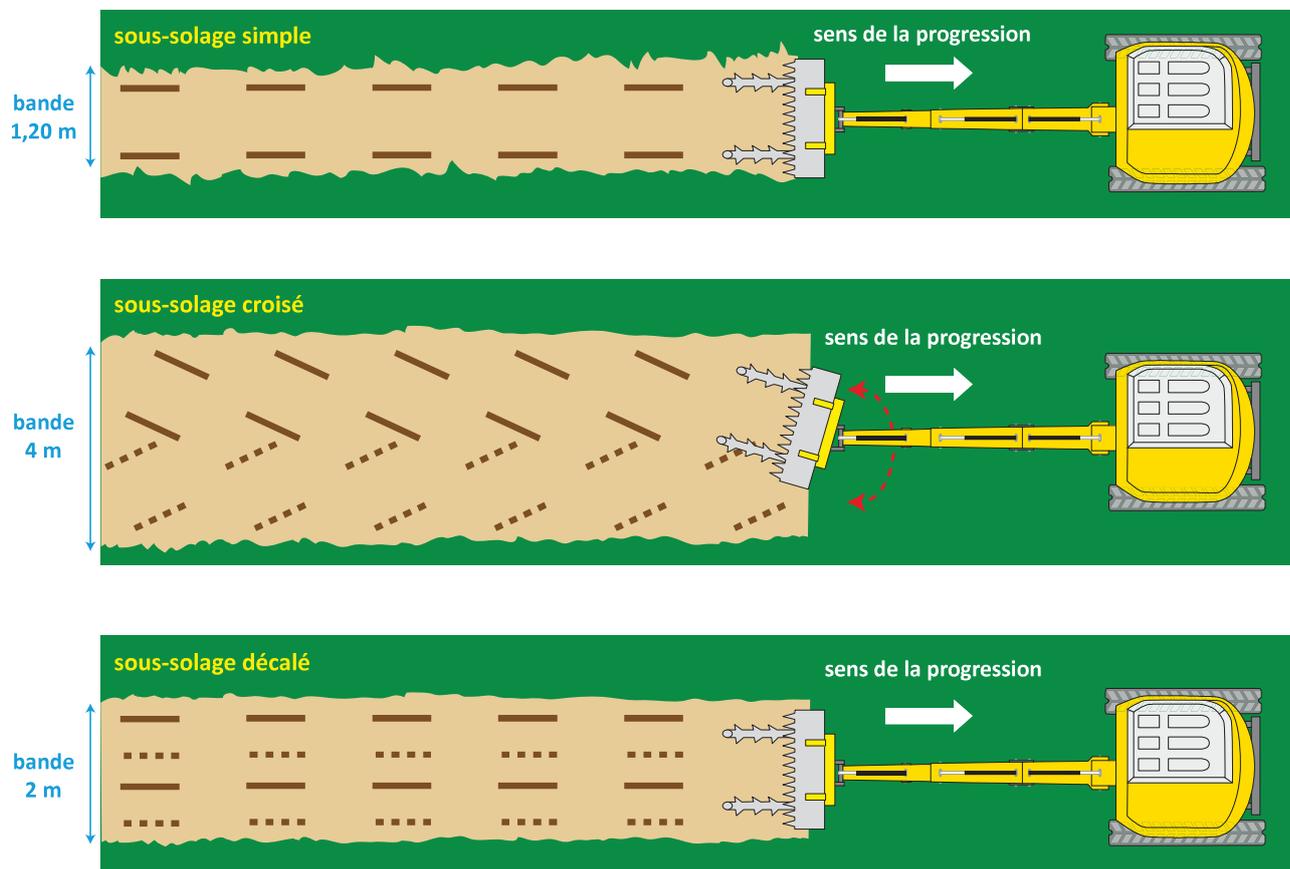
- Ne pas intervenir en **période de mise bas et d'éclosion** (mars à juin) : risques importants de destruction

des portées ou des nichées

PRÉCONISATIONS PARTICULIÈRES

- 0 Application de dents de sous-solage avec outil de décapage du sol : technique de sous-solage avec le **Bident Maillard®**

Le Bident Maillard® permet de travailler de trois façons différentes en un seul passage. Le sous-solage croisé est conseillé sur les sols lourds fortement tassés.



- 0 **Technique 3B®** (Billon – Bombé – Becker)

La technique 3B® permet d'augmenter la quantité totale de terre fine prospectable par les racines des plants, d'une trentaine de centimètres. Particulièrement adaptée aux sols lourds hydromorphes, elle permet un rehaussement hors eau des racines des plants, favorisant leur développement dans des conditions non asphyxiantes. En outre, la création simultanée de micro-fossés latéraux met à nu des racines des végétations adjacentes à la bande travaillée, et limite par conséquent leur développement sans rechercher à les éliminer (gainage et durée de non-compétitivité prolongée).

Outils utilisés :

- Culti 3B® tiré par un tracteur avec traitement préalable de la végétation
- DB10® sur pelleuse
- Dent de sous-solage telle que le Sous-Soleur Multifonction®, sur pelleuse

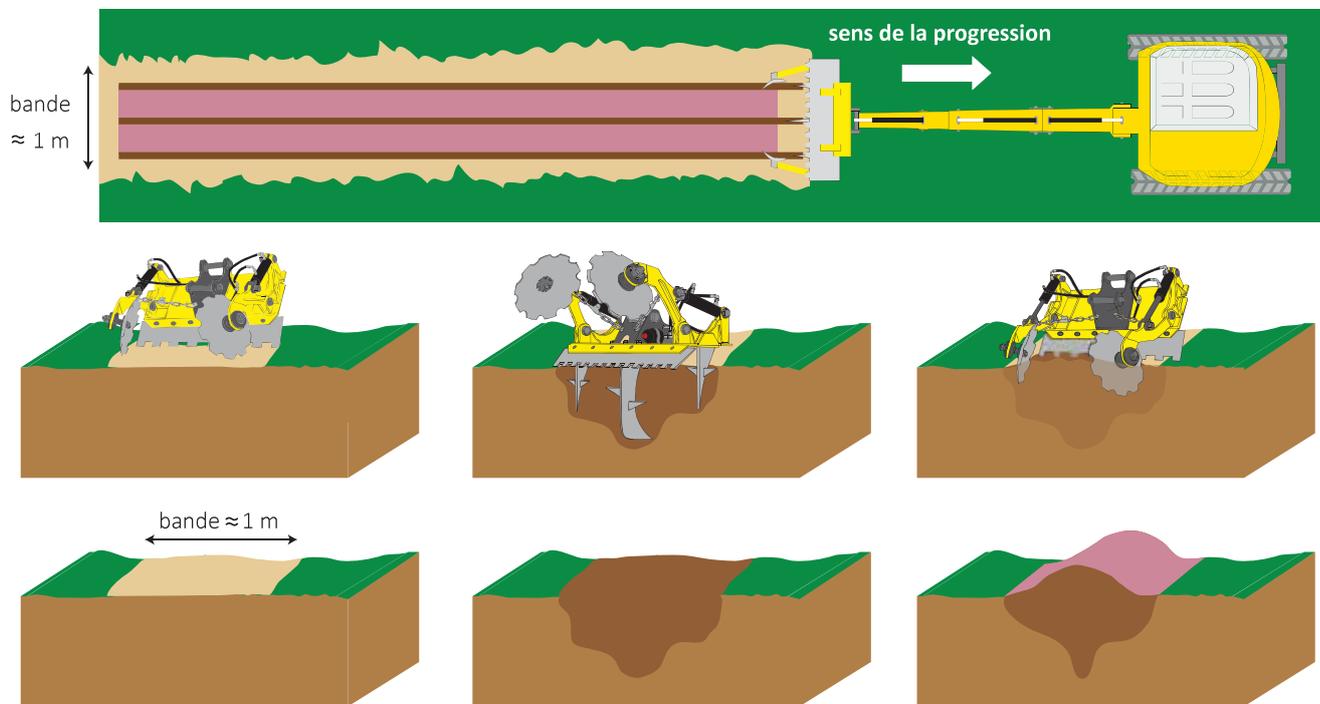
Type de sol : sol à hydromorphie marquée

Modalités : en bandes ou en potets

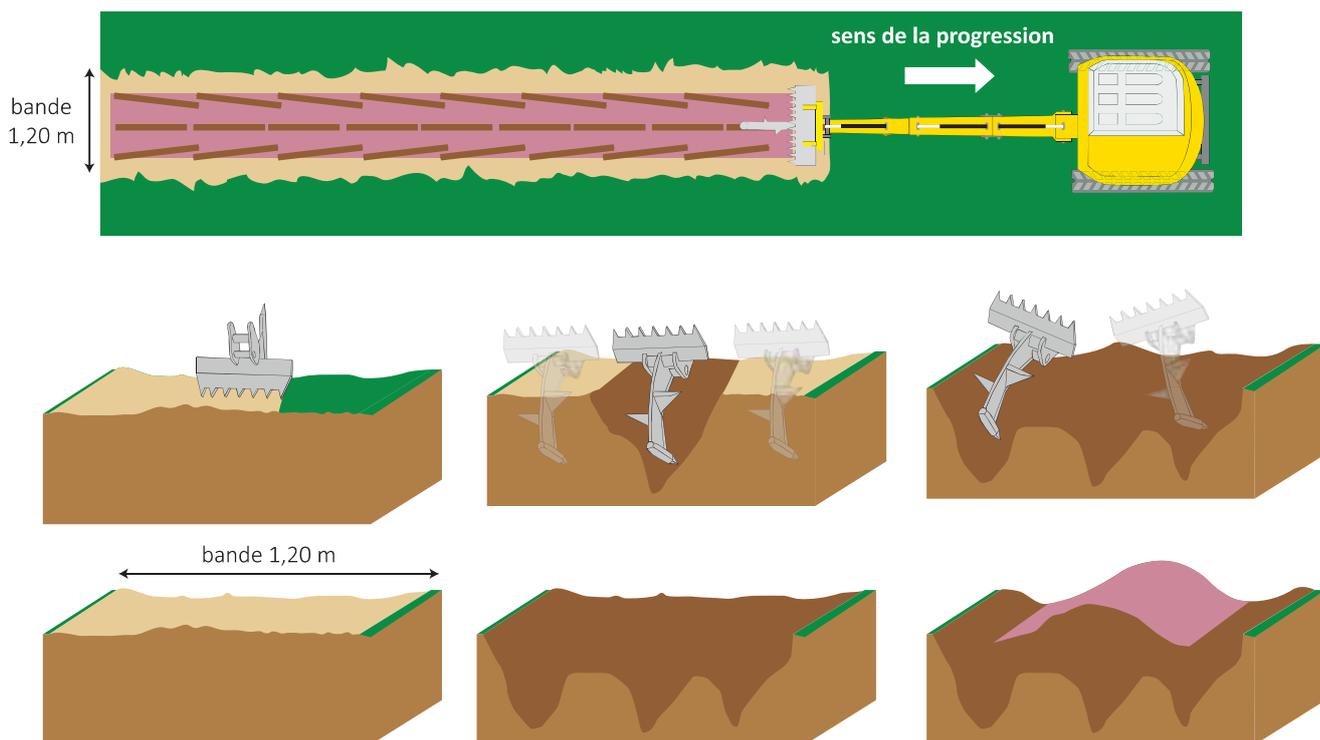
0 Technique 3B® avec dent de sous-solage sur pelleteuse

Outils utilisés :

- DB10® sur pelleteuse
 - première opération : désherbage
 - seconde opération : sous-solage en une passe
 - troisième opération : formation d'un billon (bombement), à l'aide des disques

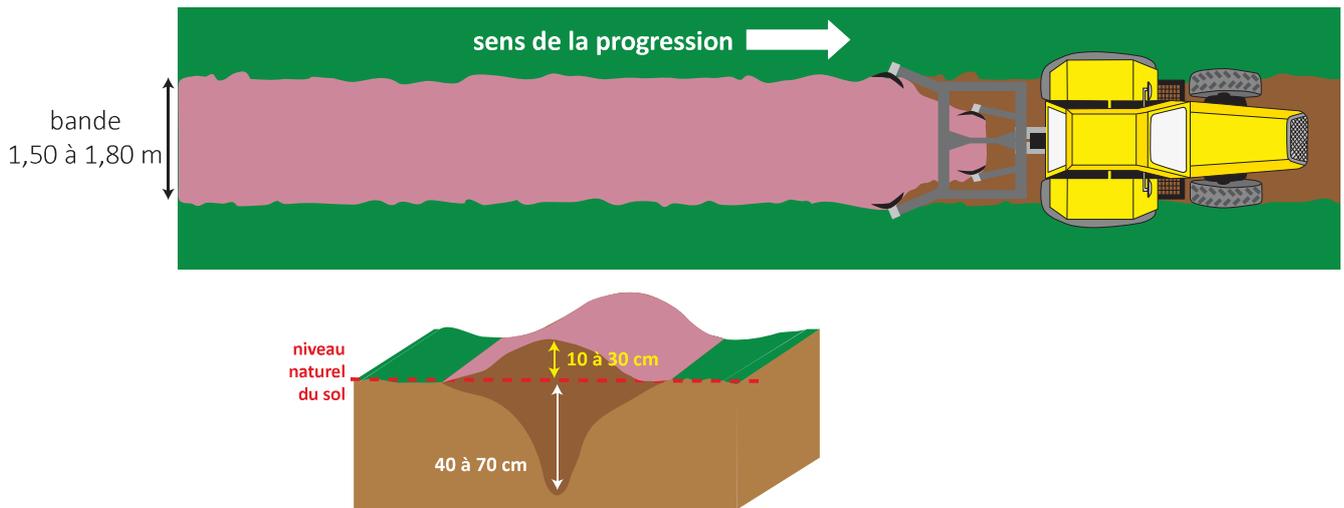


- Sous-soleur Multifonction® et Modul'D® sur pelleteuse :
 - première opération : désherbage
 - seconde opération : sous-solage en trois passes
 - troisième opération : formation d'un billon (bombement), à l'aide de la dent



0 **Application de la technique 3B® avec Culti 3B® tiré par tracteur**

- 2 passages dans le même sens de progression. Le premier passage permet la fracturation du sol et le second, la formation du bombement.



6. Effets du travail du sol sur la végétation

Végétation	Effet
La fougère aigle	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ les sous-soleurs (Sous-soleur multifonction®, Décompacteur forestier®, Culti 3B®,) ne sont pas efficaces s'ils sont utilisés seuls ⇒ le Scarificateur Réversible®, seul ou associé, est l'outil idéal de maîtrise de la fougère aigle, l'outil permet d'extraire les rhizomes en profondeur (40 – 60 cm) en limitant l'exportation de sol
Les ronces	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ le sous-solage est bénéfique à la maîtrise de la ronce. Néanmoins, sa destruction totale n'est pas à souhaiter puisqu'elle empêche l'apparition d'autres végétaux comme les graminées
Les graminées	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ le sous-solage seul est inefficace pour l'élimination d'un feutrage racinaire dense de graminées. Les sous-soleurs tractés nécessitent un traitement préalable de la végétation surtout quand elle est dense
Le genêt à balais	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ la préparation du sol par un sous-solage a tendance à favoriser la germination du genêt (stock de graines)
La myrtille et la callune	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ la préparation du sol par un sous-solage n'élimine pas la myrtille et la callune ⇒ le Scarificateur Réversible® permet une maîtrise efficace des deux végétations concurrentes
Les ligneux	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ pas d'effet particulier

Fiche technique REGE n°4

Le traitement des souches



1. Principes

Le traitement des souches comprend les opérations d'arasement ou d'extraction des souches après coupe rase ou dans des parcelles sinistrées par des tempêtes (galettes de chablis). Il peut être couplé éventuellement à une opération d'andainage.

L'**arasement** est mis en œuvre dans le but de faciliter la circulation des engins sur la parcelle ou plus localement sur les futurs cloisonnements culturaux et d'exploitation. L'**extraction des souches** peut être réalisée dans le cas particulier de lutte préventive contre l'hylobe, en prévision de travaux de **décompactage** du sol (sous-solage) ou dans le cas de souches à rejets très vigoureux (peupliers, châtaignier).



Pour une meilleure compréhension de la fiche, se référer au mode d'emploi détaillant chaque rubrique



L'extraction des souches est une pratique coûteuse et très impactante pour le milieu. Elle doit être réfléchie et limitée au maximum

Avantages

<i>Sylviculture</i>	<i>Sol</i>	<i>Milieu</i>
<ul style="list-style-type: none">• facilite le travail des planteurs : alignement et mise en place des plants• facilitation de la circulation ultérieure des engins sur les futurs cloisonnements d'exploitation	<ul style="list-style-type: none">• extraction : permet le sous-solage en plein des sols compactés	<ul style="list-style-type: none">• lutte préventive contre la multiplication de l'hylobe (reproduction de l'insecte) après coupe rase résineuse

Inconvénients

<i>Sylviculture</i>	<i>Sol</i>	<i>Milieu</i>
<ul style="list-style-type: none">• coût important	<ul style="list-style-type: none">• extraction : bouleversement des horizons du sol lié à l'arrachage des racines	<ul style="list-style-type: none">• exportation de la matière organique en cas de valorisation en bois énergie

2. Outils

Deux ensembles de techniques peuvent être préconisés pour le traitement des souches : le rognage (ou arasement) et l'extraction.

a. Rognage ou arasement des souches

La technique consiste à réduire la hauteur de la souche au niveau du sol, voire légèrement en dessous de celui-ci, la profondeur d'intervention dépendant du matériel choisit. Il se justifie dans le cas des parcelles encombrées de souches dont la hauteur constitue un obstacle à la **replantation** ou à la **mécanisation** des entretiens.

Les outils et porte-outils utilisés pour le rognage sont assez diversifiés.

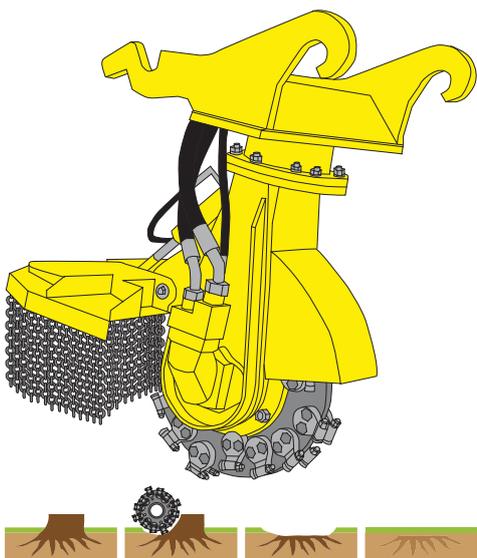
Avantages

- laisse en place les racines : pas de bouleversement des horizons, pas d'exportation de matière organique et minérale
- production de fragments de petites tailles : décomposition plus rapide

Inconvénients

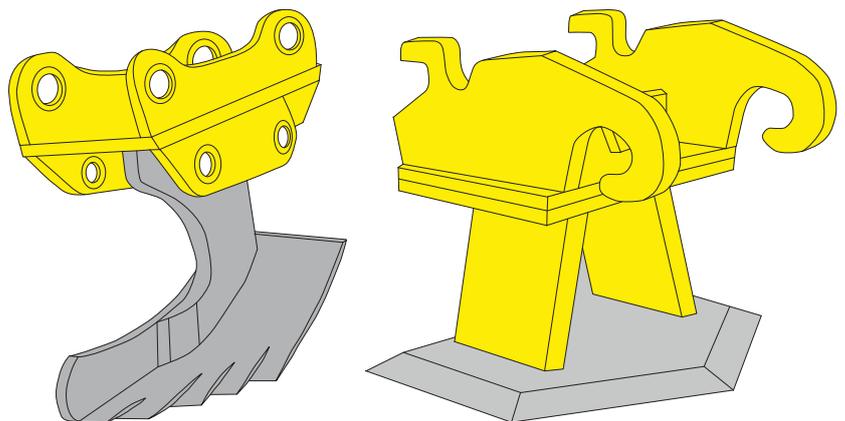
- rendement lent pour les outils montés sur minipelle ou pelleteuse

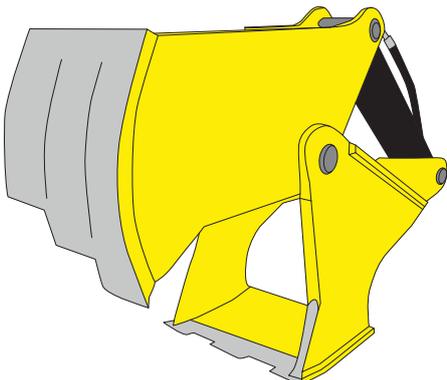
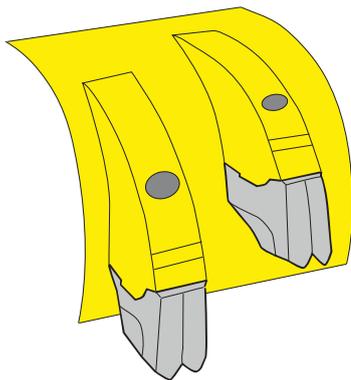
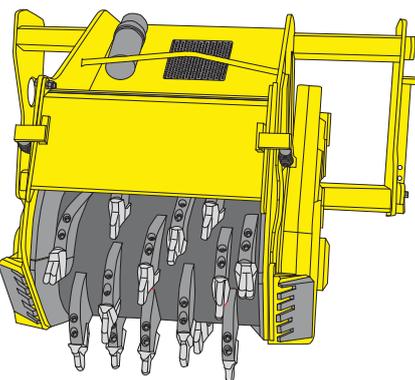
Lame circulaire verticale (« rogneuse »)



utilisée principalement en arboriculture
urbaine ou le long des voiries

Lame de rabotage



Croque-souches	Gyrobroyeur à dents fixes	Fraises
		
<p>mâchoires aux bords tranchants sectionnant la souche à ras ou légèrement en dessous du sol</p>	<p>technique généralement combinée avec un traitement des rémanents</p>	<p>technique généralement combinée avec un travail superficiel du sol</p>



Fraise de 70 cm de largeur



Pour plus d'informations sur le gyrobroyeur à dents fixes ou les fraises, consulter les fiches **broyage** et **travail du sol**

b. Extraction et démantèlement de souches

Cette opération comprend l'arrachement de la souche et de ses racines principales du sol. Elle est notamment conseillée dans un but **sanitaire**, après une récente coupe rase résineuse, ou dans le cadre d'un **nettoyage** de parcelle sinistrée par des chablis. Les outils utilisés requièrent l'utilisation d'une pelleteuse.

A noter que certains outils de sous-solage, tels que le Sous-Soleur Multifonction® ou le Bident Maillard®, permettent également d'extraire occasionnellement des souches.

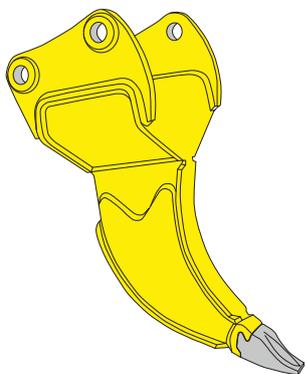
Avantages

- traitement préventif contre la multiplication de l'hylobe
- limitation de la propagation de champignons pathogènes (ie. *fomes* sur l'épicéa)
- traitement des galettes de chablis dans les parcelles sinistrées

Inconvénients

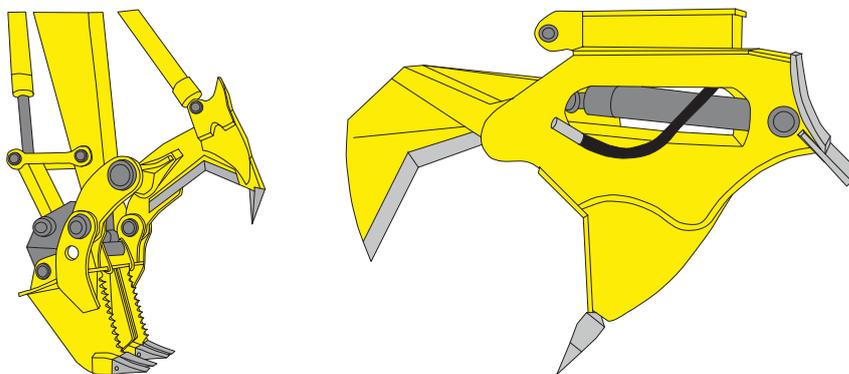
- dérèglement des horizons du sol sur des profondeurs dépassant parfois le mètre avec risque de perturbation locale de la fertilité du sol
- délocalisation et exportation d'humus et de terre
- technique lente et coûteuse
- création d'une dépression dans le sol : risques d'engorgement, d'affaissement et diminution de la praticabilité des engins

Dent de déroctage



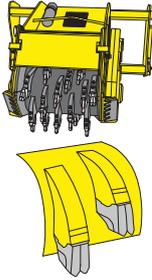
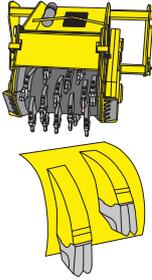
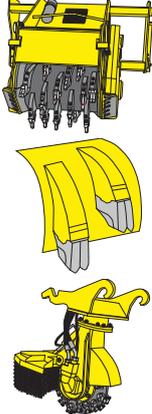
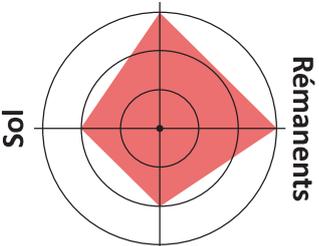
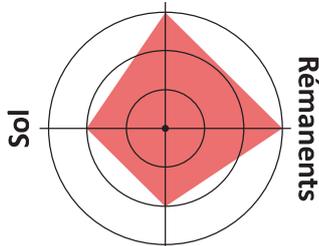
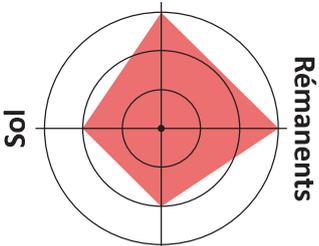
traction de la souche à l'aide d'une grosse dent, entraînant un certain nombre de racines avec elle.

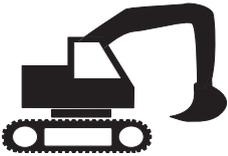
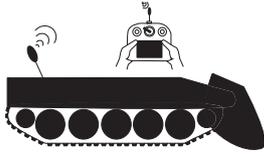
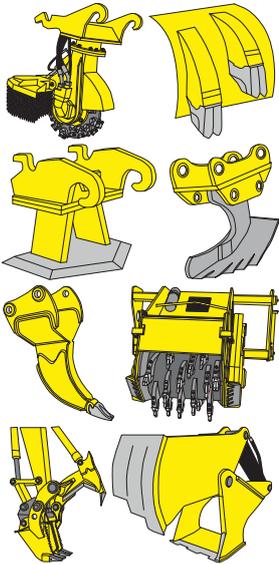
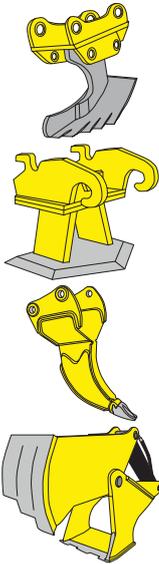
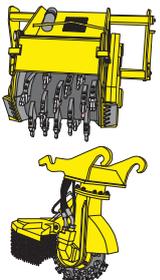
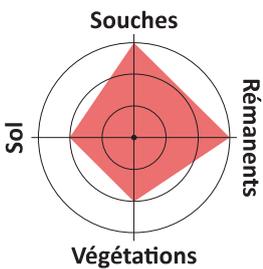
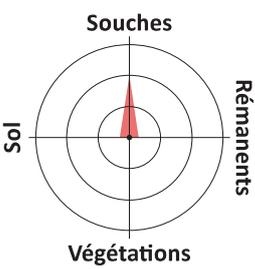
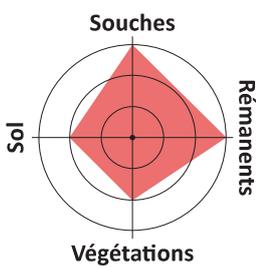
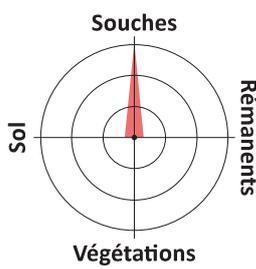
Arracheuse de souche



pince munie de griffes permettant d'arracher, de découper et de remuer les racines principales par les côtés et le dessous. Permet de traiter les galettes de chablis.

3. Les engins

	Tracteur	Automoteur sur roues	Automoteur chenillé
			
			
	Rognage / Arasement		
Efficacité maximale	<p style="text-align: center;">Souches</p>  <p style="text-align: center;">Végétations</p>	<p style="text-align: center;">Souches</p>  <p style="text-align: center;">Végétations</p>	<p style="text-align: center;">Souches</p>  <p style="text-align: center;">Végétations</p>
Milieux adaptés	Sols portants	Sols portants Présence d'obstacles rocheux	Sols sensibles Présence d'obstacles rocheux
Pente	< 30 %	-	< 100 % (< 57 % en dévers)
Modalités de travail			
Impact au sol	Risque de tassement, d'orniérage ou de compaction		Empreinte réduite
	± 1500 g/cm ²	-	± 350 g/cm ²
Déplacement	Limité sur route		Par camion
Puissances	100- 500 cv	130 – 500 cv	130 – 650 cv

	Pelleteuse	Minipelle	Chargeur compact	Radiocommandé
				
				
	Rognage / Arasement OU Arrachage / Extraction		Rognage / Arasement	
Efficacité maximale				
Milieux adaptés	Sols sensibles Présence d'obstacles (rocheux, rémanents encombrants)	Sols sensibles Présence d'obstacles rocheux Zones étroites : placeaux d'enrichissement, ...		
Pente	< 70 %	< 58 %	< 35%	< 120 %
Modalités de travail				
Impact au sol	Empreinte réduite			
	± 250 – 450 g/cm ²	± 300 g/cm ²	± 300 – 440 g/cm ²	± 200 g/cm ²
Déplacement	Par camion			Par véhicule léger si poids remorque + engin < 3,5 t
Puissances	rognage : 10 – 30 t extraction : 10 – 80 t	2 – 10 t	15 – 200 cv	15 – 65 cv

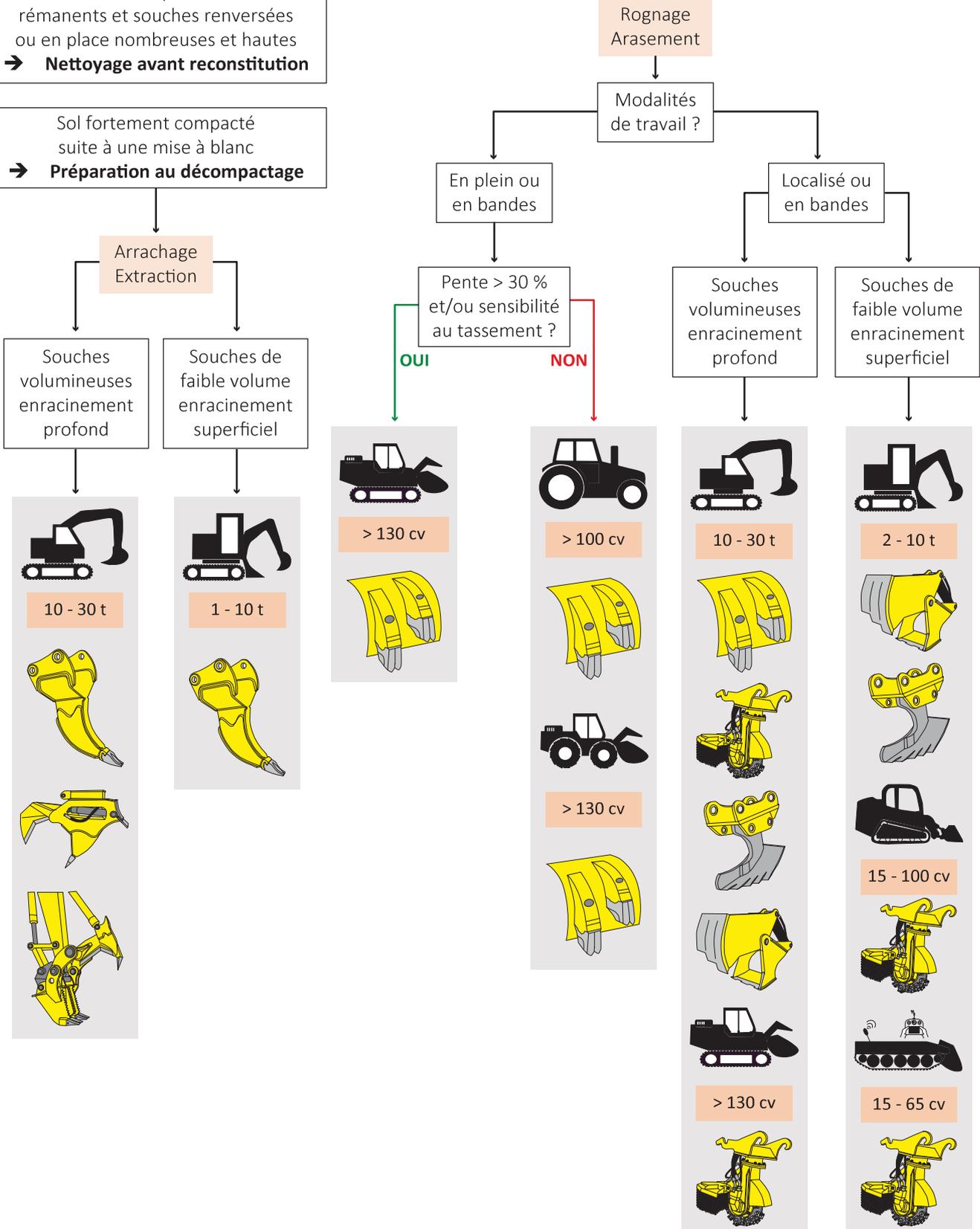
4. Choisir l'outil et l'engin adaptés à ma situation

Coupe rase résineuse récente (< 2 ans), pas d'autres coupes rases résineuses récentes ou prévisibles aux alentours
 → **Prévention risque hylobe**

Parcelle sinistrée par des chablis : rémanents et souches renversées ou en place nombreuses et hautes
 → **Nettoyage avant reconstitution**

Sol fortement compacté suite à une mise à blanc
 → **Préparation au décompactage**

Souches nombreuses et hautes, rémanents importants
 Mécanisation prévue des entretiens
 → **Préparation à la plantation**



5. Précautions d'usage

Il convient de respecter les consignes de mise en œuvre suivantes :

- Intervenir sur sol **porteur** et **ressuyé** pour limiter le compactage et l'orniérage

En cas de rognage / arasement avec broyeur :

- Ne pas intervenir en **période de mise bas et d'éclosion** (mars à juin) : risques importants de destruction des portées ou des nichées
- Eviter le broyage **systématique en plein** des parcelles après coupe rase sans examen préalable de la nécessité d'une intervention et, le cas échéant, du type d'outil à utiliser. En fonction du schéma de plantation, possibilité de broyage par bandes ou localisé

En cas d'extraction / démantèlement de souches :

- Extraction de souche fortement déconseillée sur les **sols superficiels** et sur **sols acides**, pauvres : exportation massive de matière organique et risques de mélange d'horizons du sol
- Récolter en priorité dans les peuplements ayant un **risque sanitaire**
- Veiller **à limiter l'exportation des souches** comme de l'ensemble des rémanents : importance du bois mort en termes de retour de matière organique au sol, limitation de l'érosion (un sol nu est plus sensible), conserver idéalement 30 m³/ha de bois mort pour la biodiversité
- Travailler **hors période de sécheresse** pour limiter la formation d'agrégats de terre autour des racines
- **Eviter** de dessoucher **en bord de cours d'eau** : destruction des habitats, déstabilisation des berges

6. Prévention phytosanitaire

Le maintien de rémanents sur le parterre de coupe peut dans certains cas constituer un risque phytosanitaire pour les futurs peuplements ou les peuplements alentours.

Pathogènes	Hôtes	Dégâts	À faire
Grande sésie <i>Aegeria apiformis</i>	Peupleraies âgées	Altération des billes de pied	Pullulation possible par les souches après exploitation : envisager un dessouchage
Hylobe <i>Hylobius abietis</i>	Préférentiellement sur souche de pin et d'épicéa	Ravageur des jeunes plants de douglas et de mélèze : morsures de l'écorce parfois jusqu'à annélation : mort du plant ou déformation	Démanteler les souches et les laisser sécher Exporter les souches comme bois-énergie
Armillaire <i>Armillaria sp.</i>	Toutes essences	Dépérissement en rond puis mortalité	Ne pas éparpiller les rémanents
Pourriture rouge <i>Fomes - Heterobasidion annosum</i>	Douglas, épicéa, pin maritime et Sapin de Vancouver	Pourriture rouge du cœur et des racines (maladie du rond). Dépérissement des tiges allant parfois jusqu'à la mortalité	Si reboisement en résineux : dessouchage systématique (coûteux)

Fiche technique REGE n°5

La gestion de la végétation d'accompagnement

Préparation de terrain et entretien des régénérations



1. Principes

La végétation d'accompagnement en forêt varie selon les régions, l'altitude, l'exposition, le degré d'humidité, la nature du sol, le degré d'ouverture des peuplements et les antécédents culturels. Elle peut être constituée de rejets ou semis de ligneux, de semi-ligneux (ronce, myrtille, bruyère, ...), de fougère ou de graminées, en qualité et proportions variables. Souvent naturelle, la végétation d'accompagnement peut être favorisée par certains travaux forestiers ou pratiques culturelles.

Selon les espèces qui la compose et leur importance, la végétation d'accompagnement présente un niveau de concurrence variable pour la lumière, l'eau et les éléments minéraux. Certaines espèces présentent par ailleurs des particularités biologiques qui les rendent plus résilientes, et par conséquent plus compétitrices vis-à-vis de la régénération (ie. rhizomes des fougères).

Lorsqu'un type de végétation domine, il peut constituer un blocage pour la régénération naturelle ou artificielle.

Une gestion raisonnée consiste en l'utilisation de techniques et d'outils adaptés permettant une maîtrise des végétations, sans rechercher une élimination totale dont les effets s'avèrent très généralement contre productifs. Les techniques doivent être différenciées selon qu'elles s'attachent à la **préparation de terrain** ou aux **entretiens** des régénérations.



Pour une meilleure compréhension de la fiche, se référer au mode d'emploi détaillant chaque rubrique

Avantages	
Immédiats	Futurs
<ul style="list-style-type: none">• en présence d'un accompagnement ligneux, réduction possible des coûts d'entretien (ralentissement de la croissance des autres types de végétations)• meilleure reprise grâce à l'abri latéral (effet microclimatique)• limitation du développement des végétations à fort pouvoir concurrentiel (graminées, fougères)• protection et amélioration du sol• diminution des dégâts de gibier (effet de dilution)	<ul style="list-style-type: none">• élagage naturel des billes de pied, gainage (brûlures, gourmands)• barrière contre les dégâts d'exploitation

Inconvénients	
Directs	Indirects
<ul style="list-style-type: none">• concurrence pour l'eau et les éléments minéraux• concurrence pour la lumière (croissance ralentie ou mortalité, déformations)• blessures par brins frotteurs• production de substances inhibitrices de la germination ou de la croissance racinaire des régénérations chez certaines espèces (fougère aigle, bruyère)	<ul style="list-style-type: none">• écran à la germination des semis naturels• hébergement de rongeurs dans les graminées, réserve de maladies de certains ligneux• coûts supplémentaires liés à l'élimination ou à la maîtrise en cas d'inversion de flore (ie. graminées après fougères)

2. Tableau récapitulatif des outils et techniques préconisés

Les tableaux suivants présentent de manière générale l'efficacité des différents outils et techniques sur la végétation. Les phases de préparation de terrain et d'entretien sont différenciées.

Techniques	Outils	Types de végétation					
		Graminées	Fougère aigle	Ronce	Myrtille Bruyère	Ligneux	
Arrachage - peignage	<ul style="list-style-type: none"> Scarificateur Réversible® Pioche-Herse® Chisel 						
Coupe manuelle	<ul style="list-style-type: none"> Débroussailluse Serpe Croissant forestier 						
Coupe mécanique	<ul style="list-style-type: none"> Broyeurs Epareuse 						
Ecrasement - cassage	<ul style="list-style-type: none"> Bâtonneuse® Brise-Fougère® Bâtonnage manuel 						
	<ul style="list-style-type: none"> Sylva Cass® 						
Travail du sol	Superficiel (< 30 cm de profondeur) : <i>scarification, pseudo-labour, fraisage</i>	<ul style="list-style-type: none"> Chisel Cover-crop Rouleau landais 					
	<ul style="list-style-type: none"> Fraises 						
	Profond (> 30 cm de profondeur) : <i>sous-solage, labour</i>	<ul style="list-style-type: none"> DB10® Culti 3B® Sous-soleur tracté Sous-soleur multifonction® Charrue forestière 					

Légende

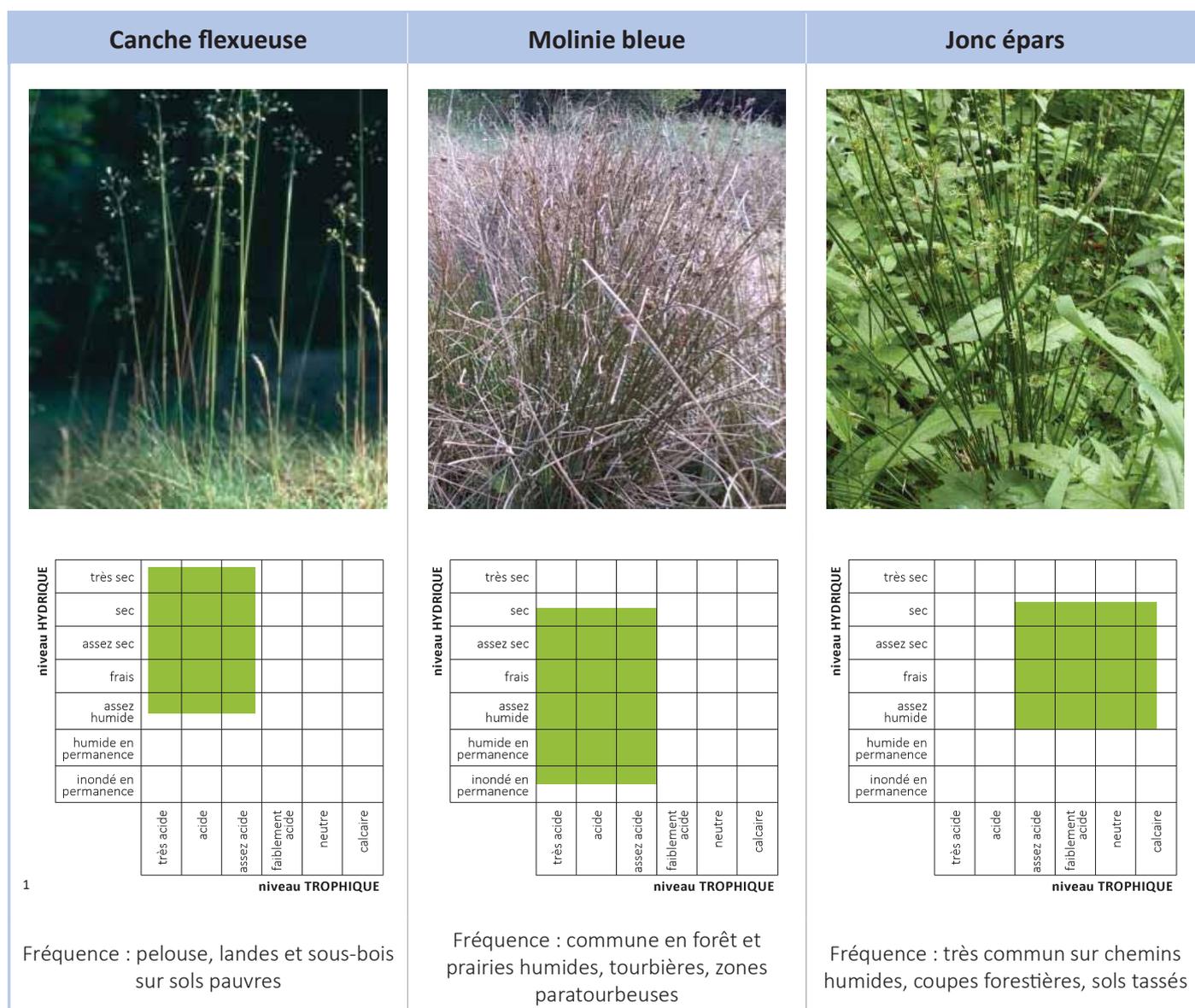
Efficacité	Préparation de terrain	Entretien
Optimale		
Mitigée <i>efficacité de courte durée (1-2 ans) et/ou dépendant des conditions d'utilisation</i>		
Défavorable <i>effets néfastes, favorisant ou exacerbant le développement d'une végétation de blocage</i>		
Inappropriée <i>sans effets sur la maîtrise de la végétation</i>		

3. Les graminées

a. Généralités

Les graminées constituent un groupe très problématique dans le cadre des régénérations lorsqu'elles forment des tapis **continus** et **denses** : canches, molinie, joncs, carex et luzules. Les moyens de lutte les plus efficaces ne sont utilisables qu'au **stade préparatoire**. Ils agissent essentiellement sur la suppression plus ou moins complète et temporaire de la concurrence exercée par le feutrage racinaire graminéen. En phase **d'entretien**, la coupe manuelle ou mécanique des graminées n'est pas une alternative efficace. En effet, elle provoque la réactivité de l'évapotranspiration, maintient leur dynamique et renforce leur structure. Il faudrait de surcroît passer 5 à 6 fois dans l'année pour limiter efficacement l'évapotranspiration ce qui n'est pas envisageable. Il est préférable d'éviter d'intervenir afin que les graminées montent en graines, se dessèchent et se déstructurent au fur et à mesure du temps.

Le développement d'un tapis de graminées peut être la conséquence de la préexistence de conditions stationnelles favorables à l'espèce ou découler d'une modification du cortège floristique initial (« inversion de flore »). Ce dernier cas se produit des suites de dégagements excessifs réalisés à l'encontre d'une flore non graminéenne (ligneux, ronces, fougères), moins concurrente que les graminées, conduisant à leur élimination.



Avantages

- gainage pour les herbivores, notamment les cerfs
- couverture du sol contre l'érosion

Inconvénients

- obstacle physique à la germination des semis naturels des feuillus et au développement du système racinaire (feutrage racinaire)
- forte concurrence pour l'eau et les éléments minéraux : systèmes racinaires denses et superficiels bénéficiant d'une meilleure capacité d'absorption que celle des jeunes semis ou plants, notamment en phase précoce d'installation
- concurrence pour la lumière durant les premières années de développement des semis ou pour les petits plants
- action biochimique : la canche flexueuse peut inhiber la germination et la croissance ; la molinie exerce une allélopathie négative indirecte via l'inhibition des mycorhizes
- forme un biotope favorable aux rongeurs : édifications de galeries, mise à l'abri des prédateurs

b. Outils et techniques

Travail du sol superficiel
(< 30 cm)

préparation de terrain

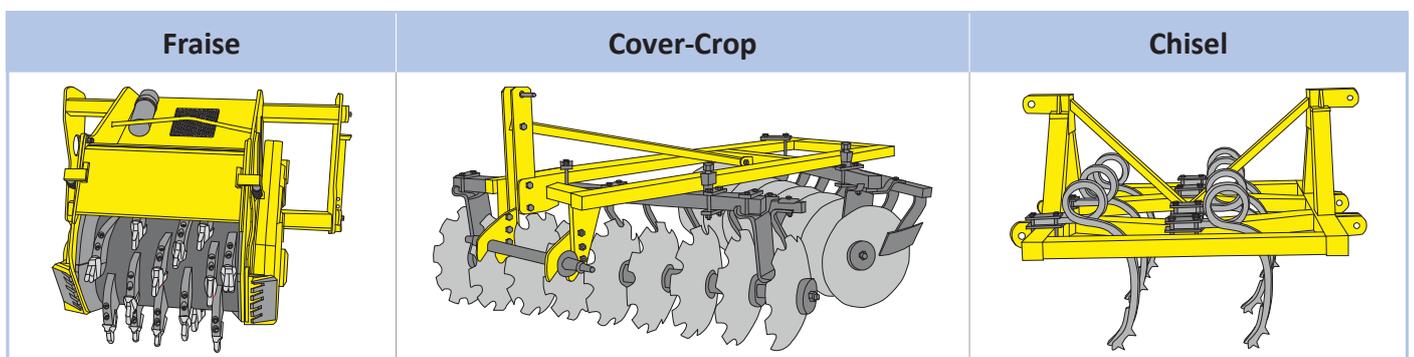


entretiens

En agissant par lacération, enfouissement ou retournement plus ou moins importants du sol, le travail du sol superficiel agit temporairement en réduisant la concurrence exercée par le feutrage racinaire des graminées au niveau de l'eau et des éléments minéraux. Le taux de reprise des plants s'en trouve grandement amélioré tandis que les semis naturels rencontrent des conditions nettement plus favorables à leur enracinement.

Le **fraisage** du sol détruit la quasi-totalité des graminées, parties souterraines comprises. La masse végétale broyée est mélangée au sol formant un lit idéal pour accueillir la régénération naturelle ou la plantation. Sur la molinie, le broyage doit être réalisé entre 3 et 5 cm de profondeur pour être efficace. Le stock de graines risque toutefois de régénérer la couverture initiale assez rapidement.

La **scarification**, le **pseudo-labour** agissent par lacération du feutrage racinaire, partie la plus concurrentielle de la plante. Un ou deux passages croisés au Cover-crop ou au Chisel réduisent la concurrence des graminées (mais ne les détruisent pas), permettant à la régénération de s'installer sans souffrir de leur concurrence.

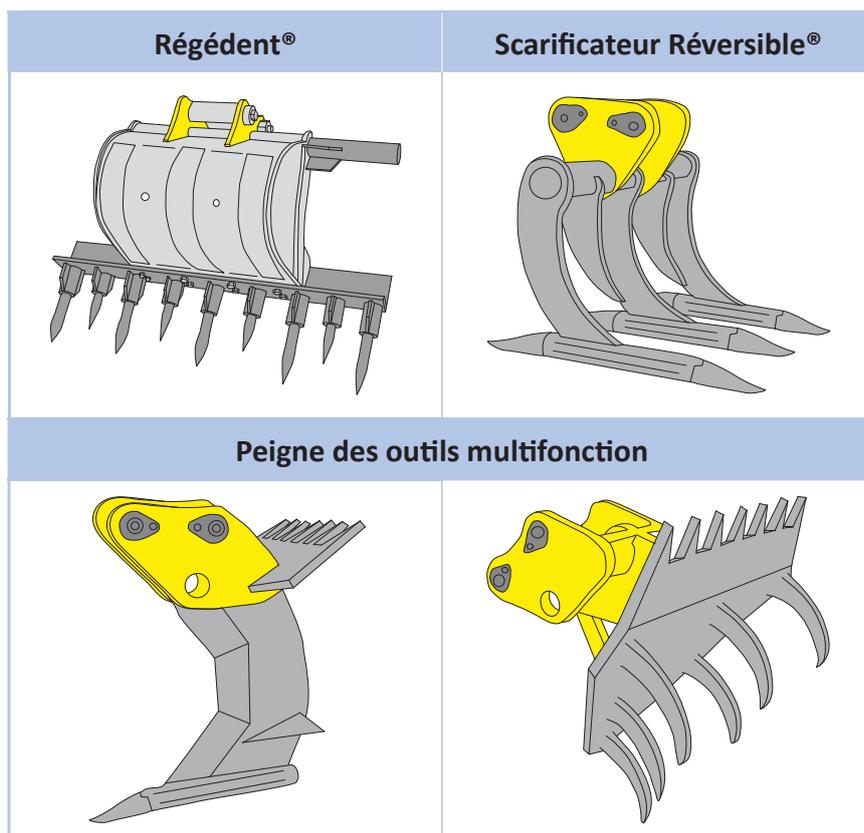


Pour plus d'informations sur les outils, consulter la fiche **6 travail du sol**



L'**arrachage** ou décapage consiste à extraire l'entièreté du système racinaire et à le déplacer hors de la zone de plantation afin d'éviter sa reprise. Sa mise en œuvre nécessite des outils spécifiques de scarification, tels que le Scarificateur Réversible® ou le Régédent®, ou des outils multifonctionnels à peigne tels que la Pioche-Herse® ou le Sous-soleur Multifonction®.

Cependant, cette technique est à proscrire sur la **molinie**. L'espèce disposant d'un système racinaire très dense, elle emmène beaucoup de terre lors de l'arrachage.



Pour plus d'informations sur les outils, consulter les fiches **2 andainage**, **3 sous-solage** et **6 travail du sol**,

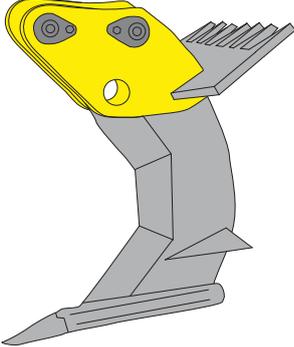
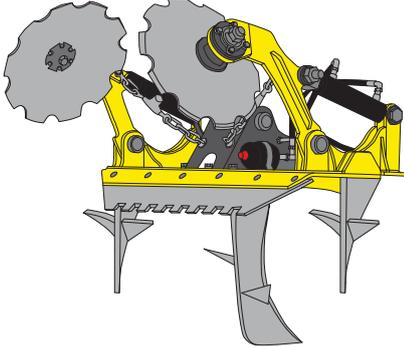
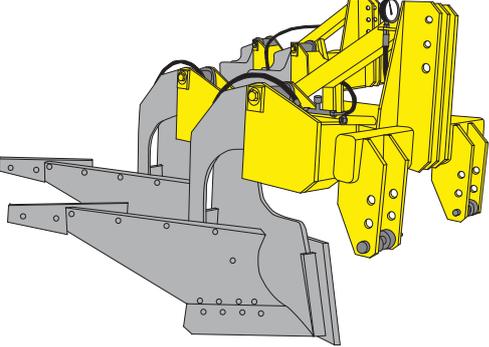


Les graminées sont particulièrement favorisées sur sols compactés. Un travail du sol profond vise par conséquent à réduire ces conditions propices et améliorer dans le même temps la capacité de prospection racinaire de la régénération.

Le **sous-solage** agit sans bouleversement du profil du sol tandis que le **labour** génère un retournement enfouissant la flore graminéenne. Par ailleurs, sur sols engorgés, le passage d'une charrue forestière crée simultanément une alternance de sillons et billons favorisant l'évacuation d'excès d'eau et permettant de surélever légèrement le système racinaire des plants. Sur sols acides et peu fertiles, le labour a l'inconvénient de faire remonter en surface des matériaux pauvres en éléments minéraux.



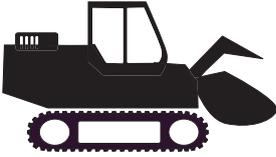
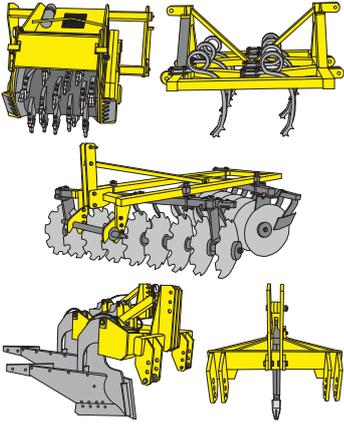
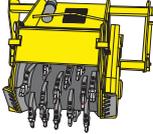
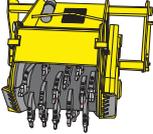
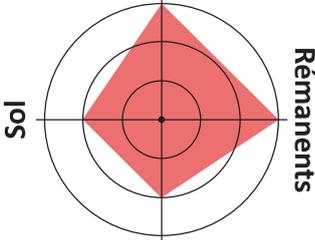
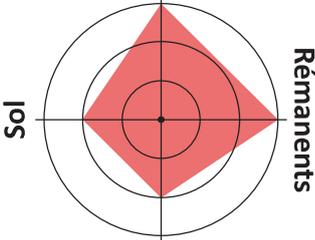
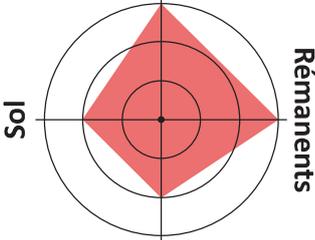
Travail de l'outil DB10® sur graminée lors d'une démonstration

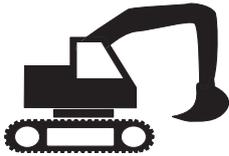
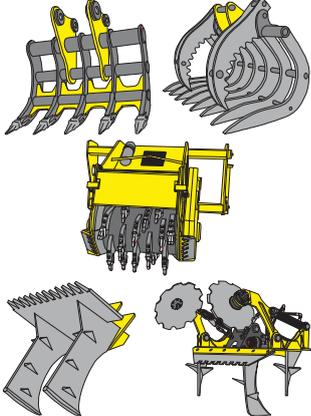
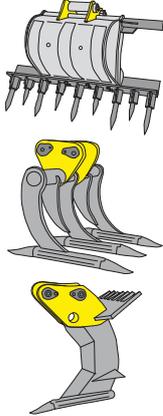
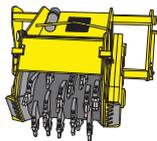
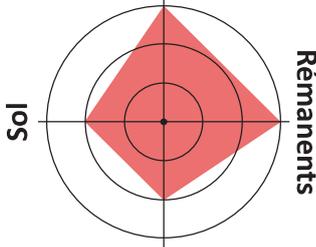
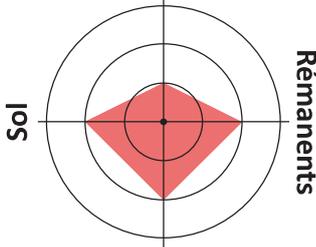
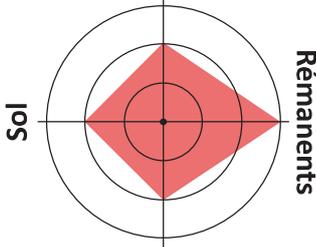
Sous-Soleur Multifonction®	DB10®	Charrue forestière
		



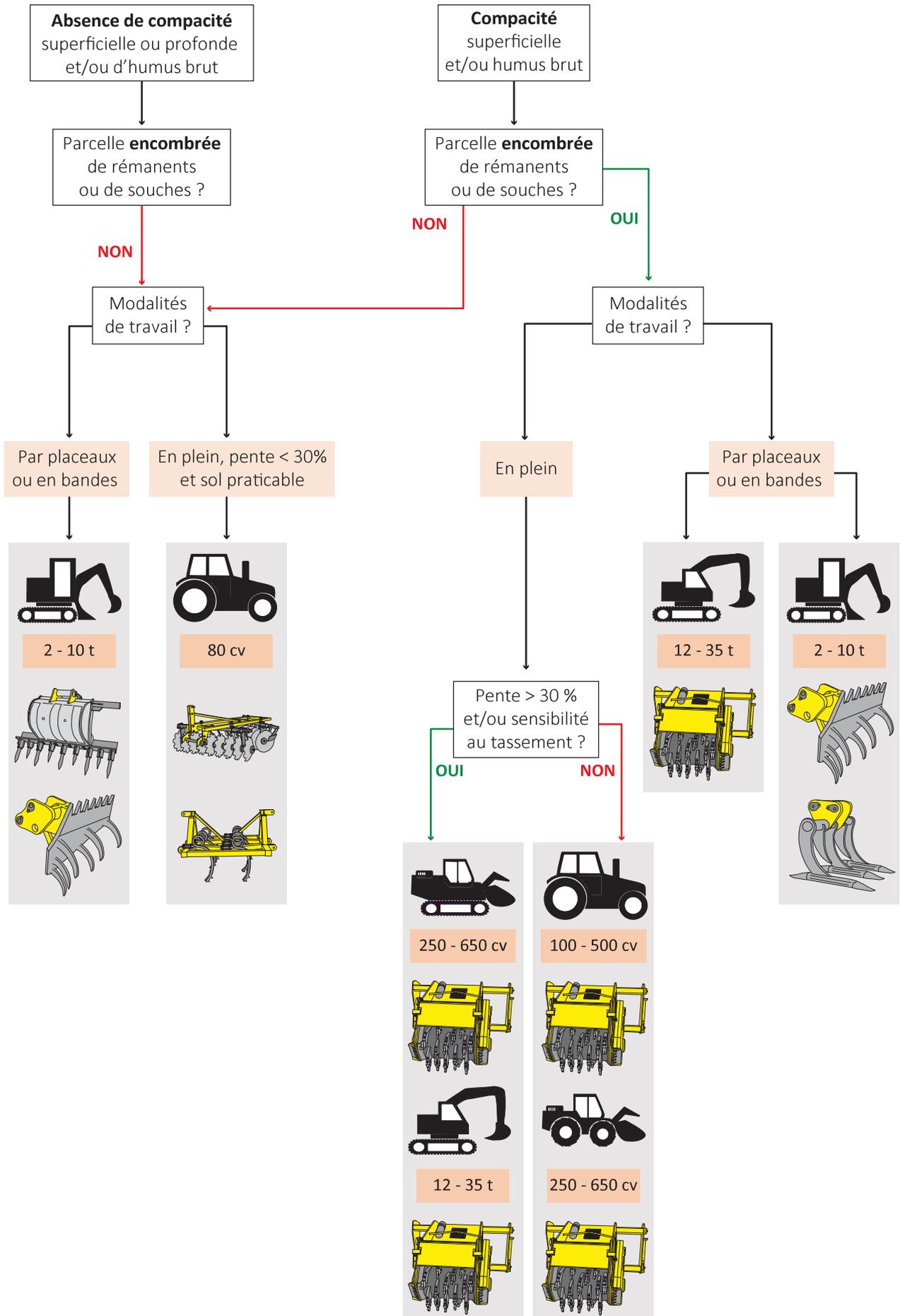
Pour plus d'informations sur les outils, consulter les fiches **3 sous-solage** et **6 travail du sol**

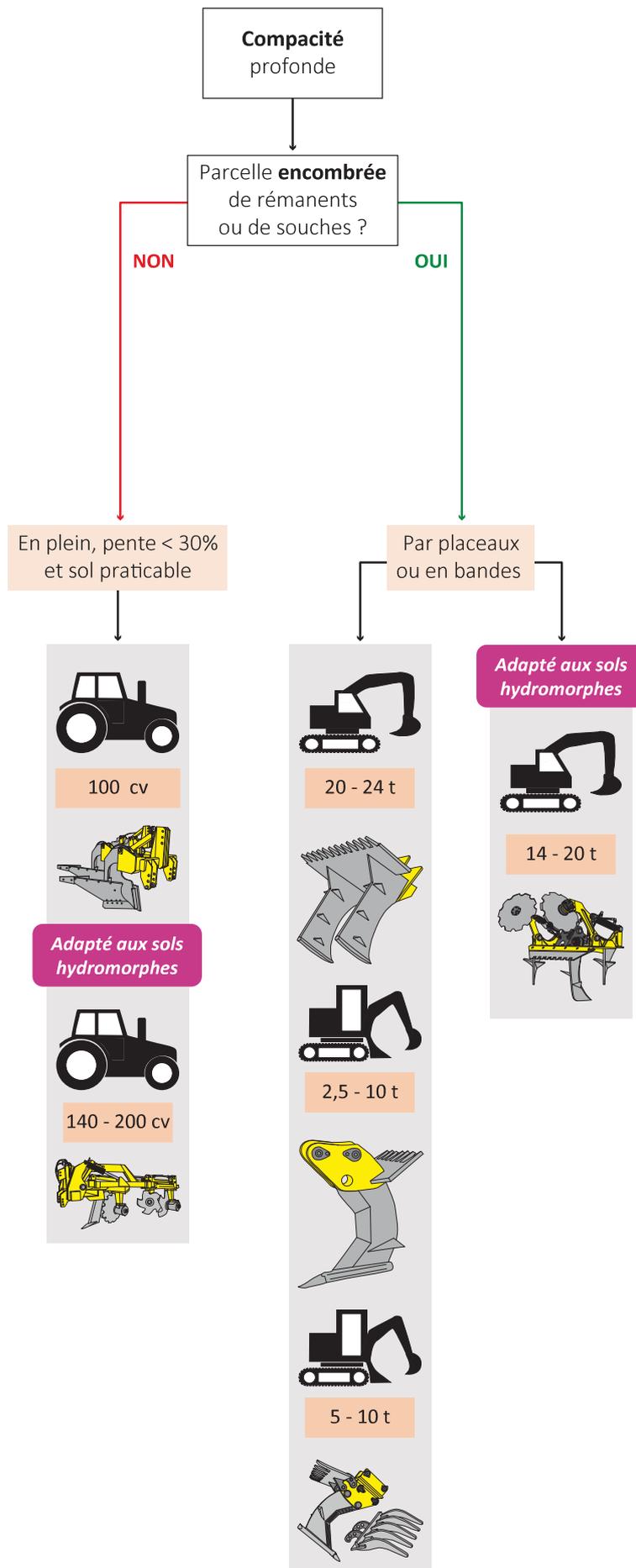
c. Les engins

	Tracteur	Automoteur sur roues	Automoteur chenillé
			
			
	Travail superficiel et profond du sol	Travail superficiel du sol	Travail superficiel du sol
Efficacité maximale	<p>Souches</p>  <p>Réménants</p> <p>Sol</p> <p>Végétations</p>	<p>Souches</p>  <p>Réménants</p> <p>Sol</p> <p>Végétations</p>	<p>Souches</p>  <p>Réménants</p> <p>Sol</p> <p>Végétations</p>
Milieux adaptés	Sols portants	Sols portants Présence d'obstacles rocheux	Sols sensibles Présence d'obstacles rocheux
Pente	< 30 %	-	< 100 % (< 57 % en dévers)
Modalités de travail			
Impact au sol	Risque de tassement, d'orniérage ou de compaction		Empreinte réduite
	± 1500 g/cm ²	-	± 350 g/cm ²
Déplacement	Limité sur route		Par camion
Puissances	80 – 500 cv	250 – 650 cv	

	Pelleteuse	Minipelle	Chargeur compact
			
			
	arrachage/travail superficiel et profond du sol	arrachage/travail profond du sol	travail superficiel du sol
Efficacité maximale	<p>Souches</p>  <p>Rémanents</p> <p>Sol</p> <p>Végétations</p>	<p>Souches</p>  <p>Rémanents</p> <p>Sol</p> <p>Végétations</p>	<p>Souches</p>  <p>Rémanents</p> <p>Sol</p> <p>Végétations</p>
Milieus adaptés	Sols sensibles Présence d'obstacles (rocheux, rémanents encombrants)	Sols sensibles Présence d'obstacles rocheux Zones étroites : placeaux d'enrichissement, ...	
Pente	< 70 %	< 58 %	< 35 %
Modalités de travail	 Rayon d'action de 360 ° & travail précis		
Impact au sol	Empreinte réduite		
	± 250 – 450 g/cm ²	± 300 g/cm ²	± 300 – 440 g/cm ²
Déplacement	Par camion		
Puissances	Andainage : 10 – 30 t Fraisage : 12 – 30 t Sous-solage : 14 – 24 t	Sous-solage : 2,5 – 10t Travail du sol : 2- 10 t	100 – 200 cv

d. Choisir l'outil et l'engin adaptés à ma situation





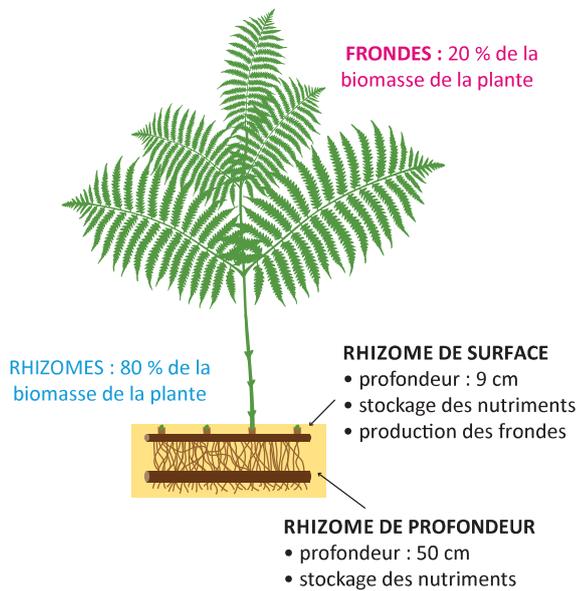
4. La fougère aigle

a. Généralités

Très commune en milieu acide sur sol sec à humide, la fougère aigle peut y former des plages importantes bloquant la régénération naturelle ou artificielle des peuplements.

La concurrence s'exerce à la fois en partie aérienne et en partie souterraine.

Les frondes interceptent fortement la lumière au détriment de la régénération. En automne, lorsqu'elles retombent, elles l'écrasent sous leur poids. Par ailleurs, leur lente dégradation est à l'origine d'une épaisse accumulation de matière organique problématique pour l'installation des régénérations naturelles. En période de végétation, elles sécrètent des inhibiteurs de croissance des autres espèces végétales.



Le réseau de rhizomes est structuré, profond et dense (sauf en sol très compacté ou sableux). Il concurrence la régénération sur le plan hydrique, notamment vers avril-mai, période au cours de laquelle les besoins de la plante sont les plus importants. De surcroît, le système de rhizomes permet une production rapide de nouvelles frondes en cas de destruction par le feu, le gel ou par la coupe.

En **préparation de terrain**, la technique de lutte à privilégier est celle qui s'attaquera au système racinaire. En **entretien**, seules les interventions de cassage et écrasement peuvent être recommandées, idéalement par des moyens mécaniques, les interventions manuelles pouvant être fastidieuses en cas de forte densité de fougère.



niveau HYDRIQUE	très sec						
	sec						
	assez sec						
	frais						
	assez humide						
	humide en permanence						
	inondé en permanence						
		très acide	acide	assez acide	faiblement acide	neutre	calcaire
		niveau TROPIQUE					

Fréquence : très commune sur sols pauvres, secs à humides

Avantages

- lors des coupes à blanc, stocke les éléments tels que le phosphore, le potassium et le magnésium dans ses rhizomes et limite leur percolation dans le sol
- empêche le développement des graminées plus compétitives pour l'eau
- protège les semis ou les jeunes plants contre les vents desséchants, le gel et l'ensoleillement direct

Inconvénients

- obstacle physique : tapis dense et homogène des frondes. Tissage racinaire superficiel empêchant la germination de semis forestiers au sol
- concurrence pour l'eau et les éléments minéraux: réseau de rhizomes dense et profond
- concurrence pour la lumière: ombrage des frondes étalées (hauteur pouvant dépasser 2 m)
- risques d'incendie des frondes desséchées au printemps
- risques d'écrasement et de déformation des semis et des plants en place : en saison de végétation après de fortes précipitations, ou en automne au moment de la fanaison
- inhibition de la germination des espèces sensibles (pin sylvestre et peuplier tremble)
- autres risques : appétence des plants forestiers plus forte que celle de la fougère aigle → concentration des dégâts d'abrouissement ; production de substances cancérigènes pour l'homme

b. Outils et techniques

Arrachage

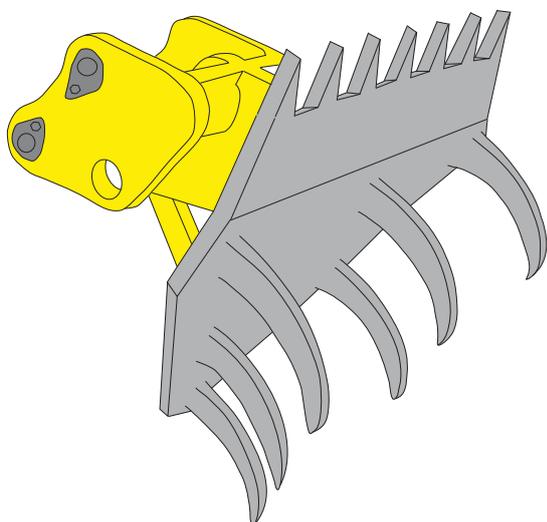
préparation de terrain



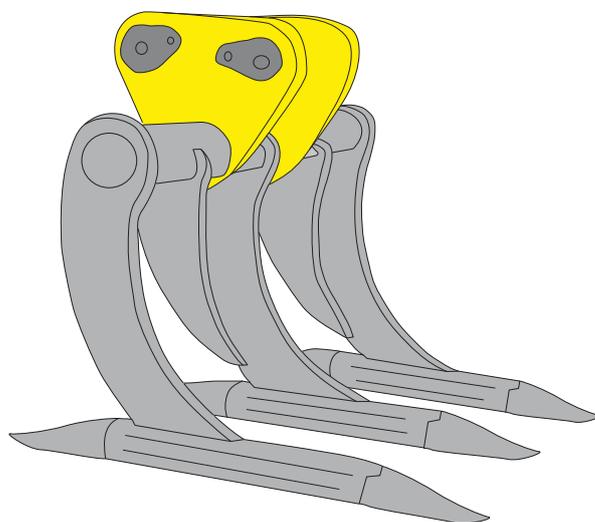
entretiens

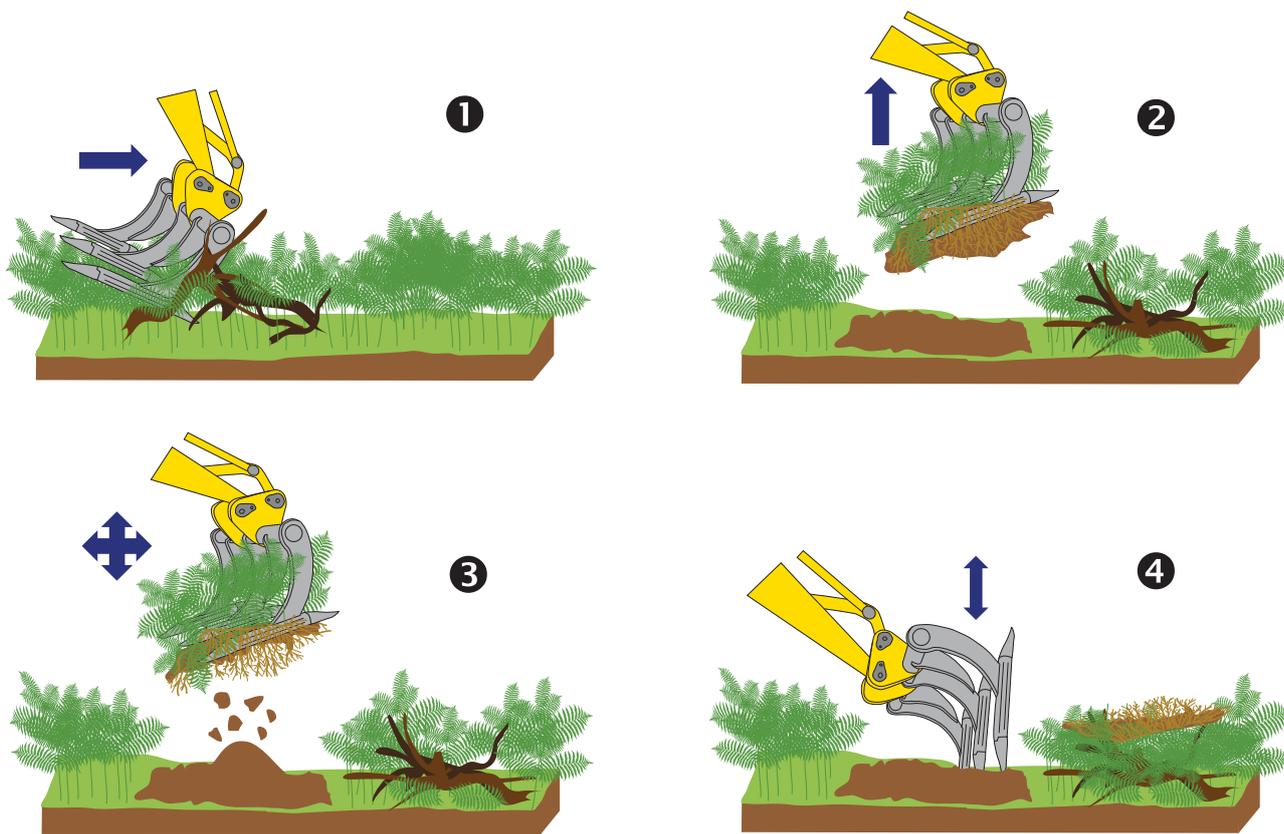
L'**arrachage des rhizomes** est l'opération la plus durable dans le temps, puisqu'elle permet d'économiser ensuite jusqu'à 6 années de dégagement. La Pioche-Herse® permet d'extraire les rhizomes de surface tandis que le Scarificateur Réversible® peut atteindre les rhizomes profonds (voir schéma ci-dessous). Adaptés à une préparation de terrain en placeaux ou en bandes, ces deux outils effectuent un sous-solage dans le même temps.

Pioche Herse®



Scarificateur Réversible®





- ❶ Dégagement du sol des rémanents ou des pierres pouvant entraver l'intervention
 - ❷ Insertion de l'outil dans le sol et extraction des rhizomes par soulèvement
 - ❸ Agitation du Scarificateur réversible® pour diminuer l'exportation de sol et dépôt de l'amas parallèlement à l'axe d'avancement
- Les opérations ❷ et ❸ peuvent être répétées plusieurs fois afin d'extraire un maximum de rhizomes
- ❹ Sous-solage du sol par pénétration des obus de l'outil entre 40 et 60 cm de profondeur

(d'après INRA)



Extraction des rhizomes de fougères aigle avec le Scarificateur Réversible® en démonstration



Pour plus d'informations sur cette technique, consulter la fiche relative au scarificateur réversible réalisée par l'Inra : <https://www6.inrae.fr/renfor/Ressources/Fiches-techniques>



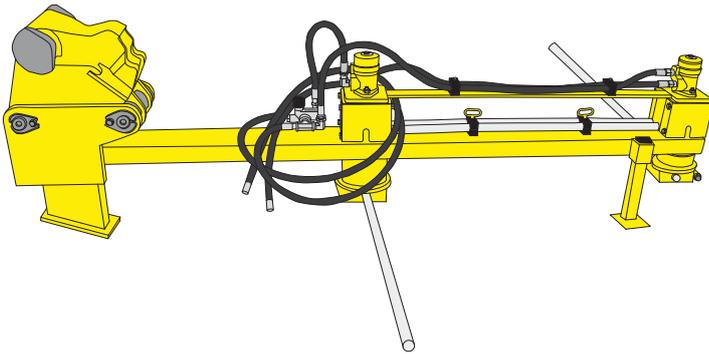
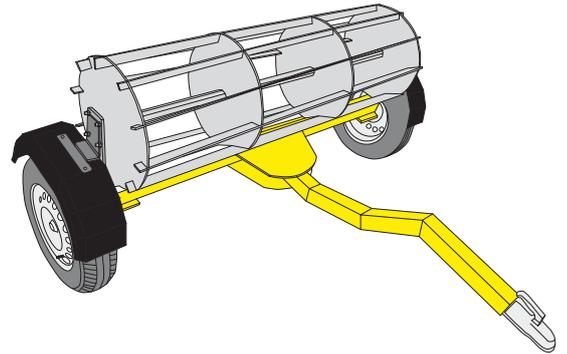
L'objectif de l'écrasement ou du cassage des frondes de fougère est de réduire la concurrence aérienne de la plante, sans la couper, évitant ainsi qu'elle ne réagisse par la formation de nouvelles pousses. La casse des frondes réduit le fonctionnement photosynthétique de la plante et limite la repousse dans l'année même.

En préparation de terrain, les interventions sont mécanisées avec le rouleau Brise-Fougère® ou la Bâtonneuse® mécanique.

En entretien, les travaux peuvent être ciblés manuellement par le bâtonnage (bâton ou cotés plats d'une serpe) ou réalisés en plein avec la Bâtonneuse® mécanique.



En cas de faible densité de fougères, la bâtonneuse mécanique a tendance à favoriser le développement des graminées.

Bâtonneuse® à section ronde**Rouleau Brise-Fougère®****Bâtonnage manuel**

Coupe manuelle

préparation de terrain



entretiens

Le dégagement de la fougère aigle à la débroussailleuse est une pratique efficace mais dont les effets ne durent que peu de temps. La section des frondes provoque en effet la repousse à partir des rhizomes. La période d'intervention va déterminer la réaction de la fougère : trop tôt (mai-juin), la repousse sera importante et demandera une seconde intervention durant l'été ; trop tard (fin juillet- début août) la concurrence aura été maintenue trop longtemps. La période idéale se situerait fin juin- début juillet.

Travail du sol

préparation de terrain



entretiens

Le traitement de la fougère aigle par un **pseudo-labour**, au cover-crop ou au chisel, n'atteint généralement par le système de rhizomes profonds développé sur les sols meubles. Sur les sols plus superficiels ou argileux, le passage de l'outil peut éventuellement sectionner les rhizomes sans porter atteinte à leur vitalité, ceux-ci disposant de fortes capacités de régénération. La suppression de la problématique est donc aérienne et tout à fait temporaire.

Le travail du **sol profond**, tel qu'un labour, peut se justifier pour traiter une problématique de compaction mais n'impacte que temporairement la fougère pour les raisons précédemment évoquées.

Coupe mécanique

préparation de terrain

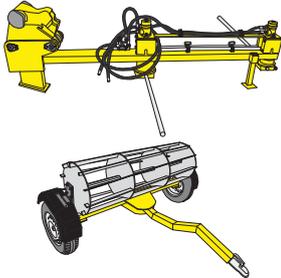
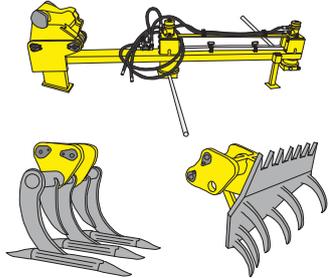
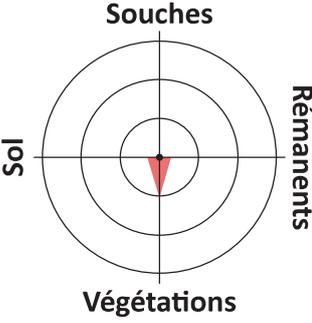
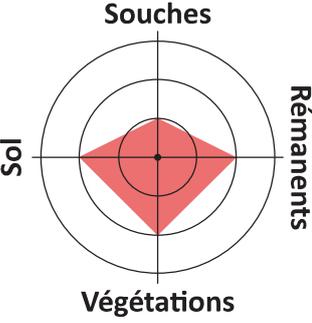


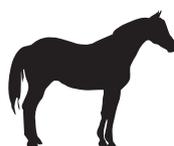
entretiens

La **coupe mécanique** de la fougère en préparation de terrain, à l'aide d'un broyeur, est déconseillée. Son réseau de rhizomes lui permet une production rapide de nouvelles tiges en réaction.

En entretien, la section des frondes peut être envisagée à l'aide d'un épareuse dont la hauteur sera réglée pour passer juste au-dessus de la régénération. Plus rapide et économique qu'un dégagement à la débroussailleuse, l'effet reste de courte durée et nécessite parfois une seconde intervention dans l'année.

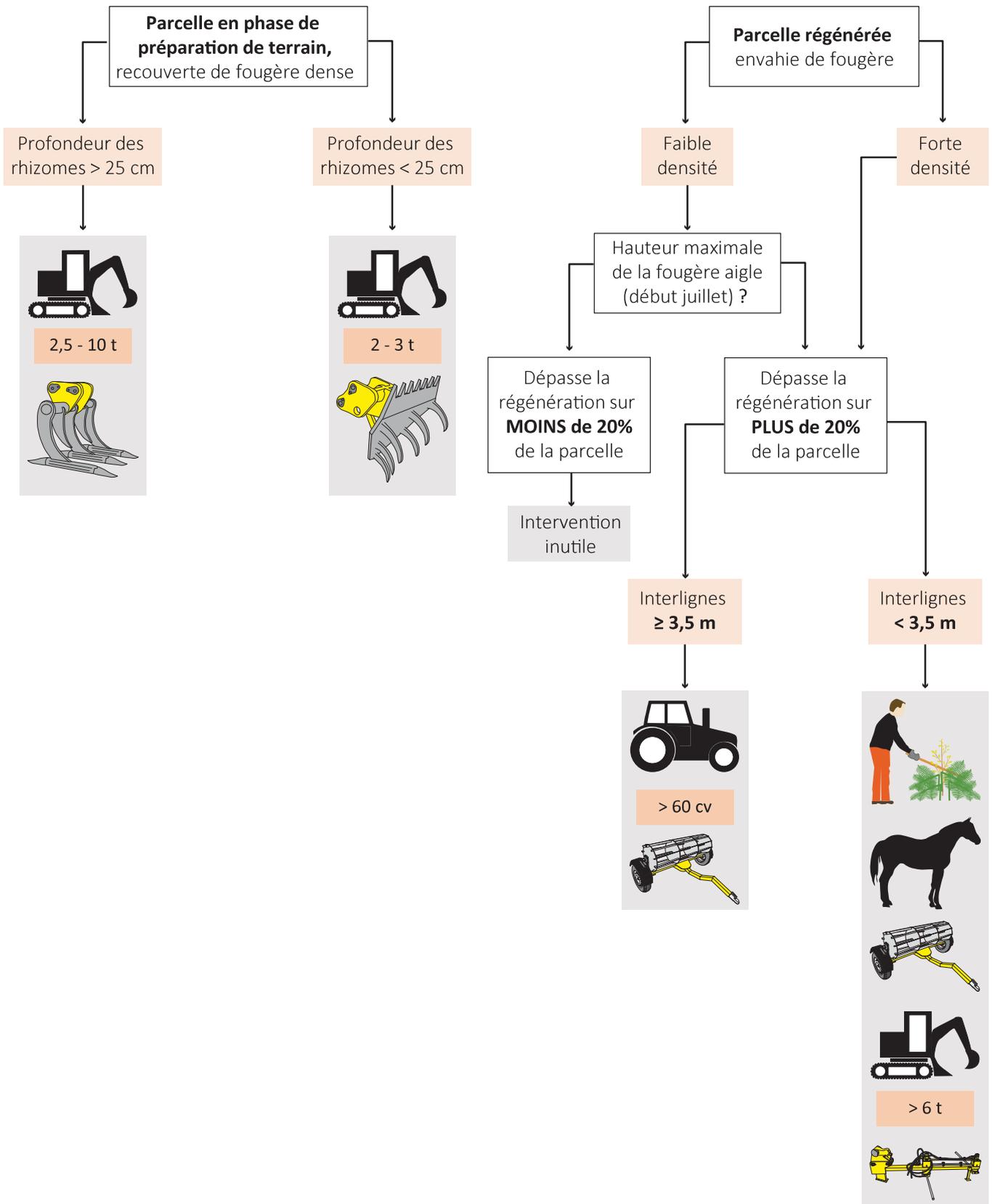
c. Les engins

	Tracteur	Mini-pelle
		
		
	écrasement-cassage	arrachage/écrasement-cassage
Efficacité maximale		
Milieus adaptés	Sols portants	Sols sensibles Présence d'obstacles rocheux Zones étroites : placeaux d'enrichissement, ...
Pente	< 30 %	< 58 %
Modalités de travail		
Impact au sol	Risque de tassement, d'orniérage ou de compaction	Empreinte réduite
	$\pm 1500 \text{ g/cm}^2$	$\pm 300 \text{ g/cm}^2$
Déplacement	Limité sur route	Par camion
Puissances	> 60 cv	2 – 10 t



Le brise fougère existe également en version hippotracée

d. Choisir l'outil et l'engin adaptés à ma situation



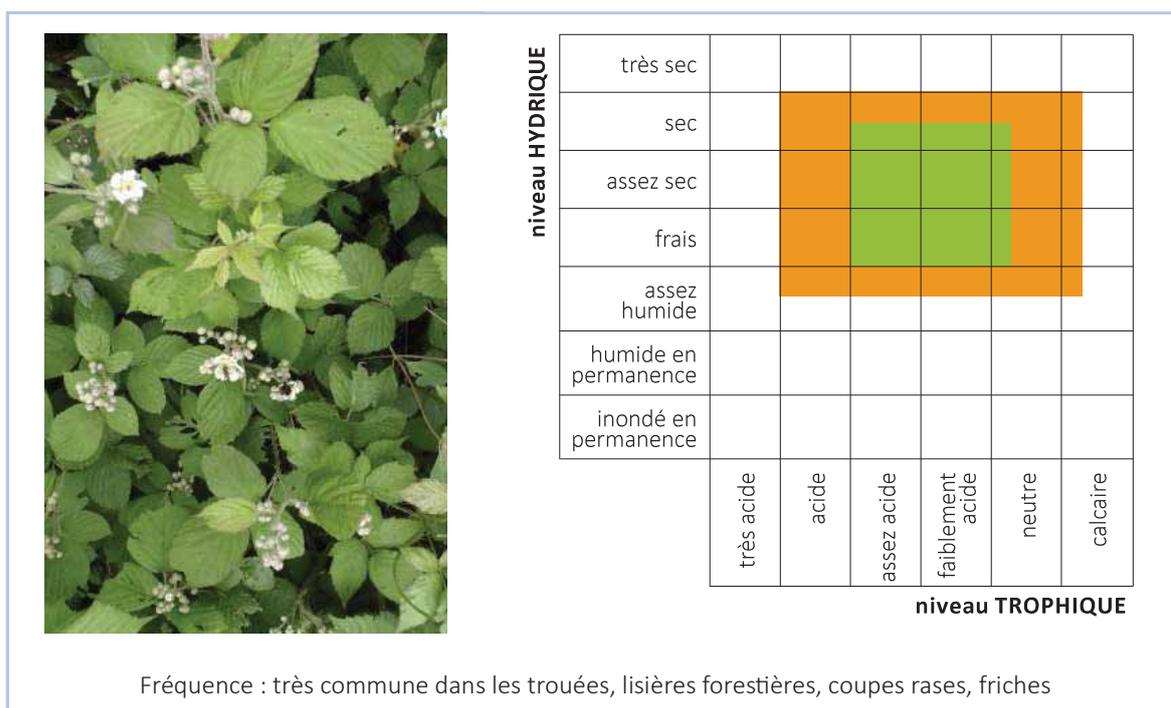
NB : Pour le travail en bandes ou en placeaux, la distance de travail autour du plant doit au moins être égale à la moitié de la hauteur maximale des frondes.

5. La ronce

a. Généralités

La ronce est généralement considérée comme une alliée en sylviculture pour autant que sa croissance soit maîtrisée. De large aptitude écologique, elle peut donner lieu à un blocage de la régénération lorsqu'elle atteint un fort développement, notamment sur les sols riches ou en pleine lumière.

Le roncier développé constitue d'abord un écran à la lumière vis-à-vis de la régénération, ce qui peut lui être fatal dès les premières années. Lorsqu'arrive l'automne, la ronce écrase la régénération, causant des déformations souvent irréversibles par la suite si rien n'est fait.



Avantages

- filtrage de la lumière relativement bénéfique au plant
- protection contre la sécheresse, le gel et dilution des dégâts de gibier
- source de gagnage pour le gibier, notamment le chevreuil
- entrave contre le développement des graminées
- protection du sol contre les risques d'érosion ou de ruissellement

Inconvénients

- obstacle physique : en forte densité, les ronciers peuvent empêcher une certaine quantité de graines légères d'atteindre le sol (ie. érable, frêne, charme...)
- concurrence pour l'eau : vers la fin de l'été, l'absorption d'eau par les turions est maximale
- concurrence pour la lumière : déficit de photosynthèse des feuillages recouverts de ronciers vigoureux, pouvant aller jusqu'à un élagage naturel précoce de la régénération voire l'élancement des jeunes sujets cherchant à s'en affranchir
- risque d'écrasement et de déformation de la régénération ; la ronce utilise un support pour atteindre la lumière, soit elle-même soit la régénération

b. Outils et techniques

Arrachage - peignage

préparation de terrain

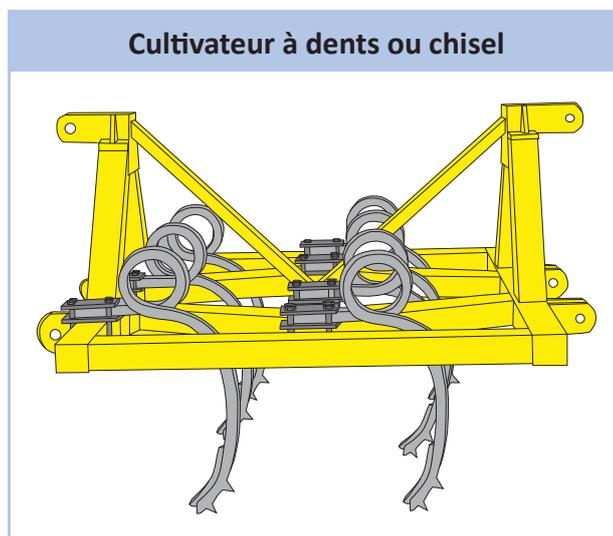


entretiens

Lorsqu'un important couvert de ronces s'est développé sur une parcelle à régénérer ou sur une régénération naturelle récemment installée, le **peignage de la ronce** permet de diminuer significativement la concurrence exercée en arrachant une grande partie de ses pieds, sans chercher à l'éradiquer. De surcroît, en ne sectionnant pas les tiges, la technique limite la recrudescence et la multiplication de la plante.

Le peignage peut être réalisé par différents outils comme le cultivateur à dents (chisel), le Scarificateur Réversible ou la Pioche-herse® sur pelle mécanique ou minipelle.

L'utilisation du cultivateur à dents sur régénération acquise nécessite d'être porté plus haut sur les points d'attelage du tracteur afin de passer au-dessus de la régénération naturelle. La technique offre les meilleurs résultats sur des ronciers denses, aux tiges étroitement entremêlées.



Coupe manuelle

préparation de terrain

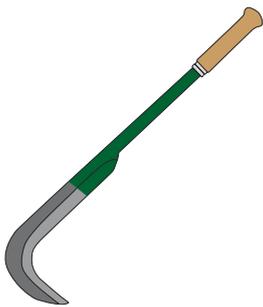
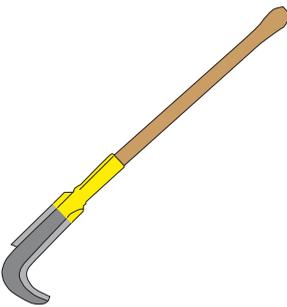


entretiens

En entretien, les différents types d'outils manuels tranchants, croissants et autres serpes, permettent d'écarter la ronce du plant, de l'écraser et de la couper. La débroussailleuse doit être équipée d'une lame à dents recourbées dite « couteau broyeur ». Cette lame multifonctionnelle a pour avantage de pouvoir travailler de haut en bas. Le taille haie thermique ou électrique peut éventuellement être efficace.



la coupe trop intensive et répétitive année après année a tendance à favoriser les graminées.

Croissant forestier	Serpe italienne	Serpe à double tranchant	Débroussailleuse équipée d'une lame type « couteau broyeur »
			

Coupe mécanique

préparation de terrain



entretiens

Bien que cela soit parfois le seul moyen de préparer une parcelle envahie de ronces, notamment lorsqu'un recrû ligneux est également présent, le broyage a tendance à favoriser de nouvelles pousses plus vigoureuses. Son efficacité est donc temporaire.

En entretien, le broyage de la ronce entre des lignes de plantation peut être à l'origine d'une inversion de flore, la coupe répétitive ayant tendance à favoriser les graminées. L'intensité et la fréquence des interventions doit donc être raisonnée en rapport avec le niveau de concurrence exercée par la plante.

Fraisage

préparation de terrain



entretiens

Le fraisage n'est pas une technique initialement prévue pour nettoyer une parcelle envahie de ronces, cette technique réalisant un travail du sol superficiel. Toutefois, des fraises larges montées sur des tracteurs puissants produisent les mêmes effets que les broyeurs, avec une efficacité temporaire.

Ecrasement - cassage

préparation de terrain



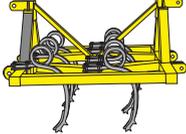
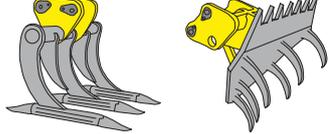
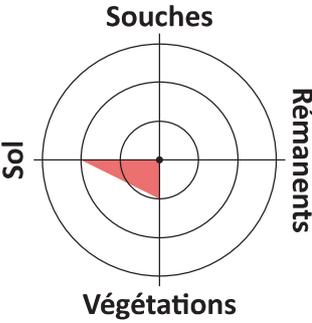
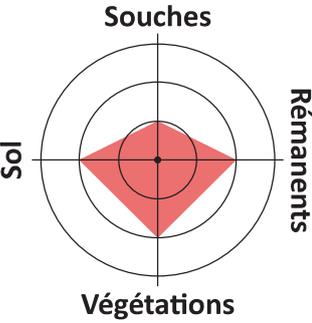
entretiens

L'écrasement de la ronce, en préparation de terrain, ne peut être conseillé. Outre la gêne occasionnée pour les planteurs, la ronce reviendra rapidement à son niveau initial en formant de nouvelles pousses, tout en prenant le temps de se fortifier. Cela génère inévitablement un surcout pour les premiers dégagements.

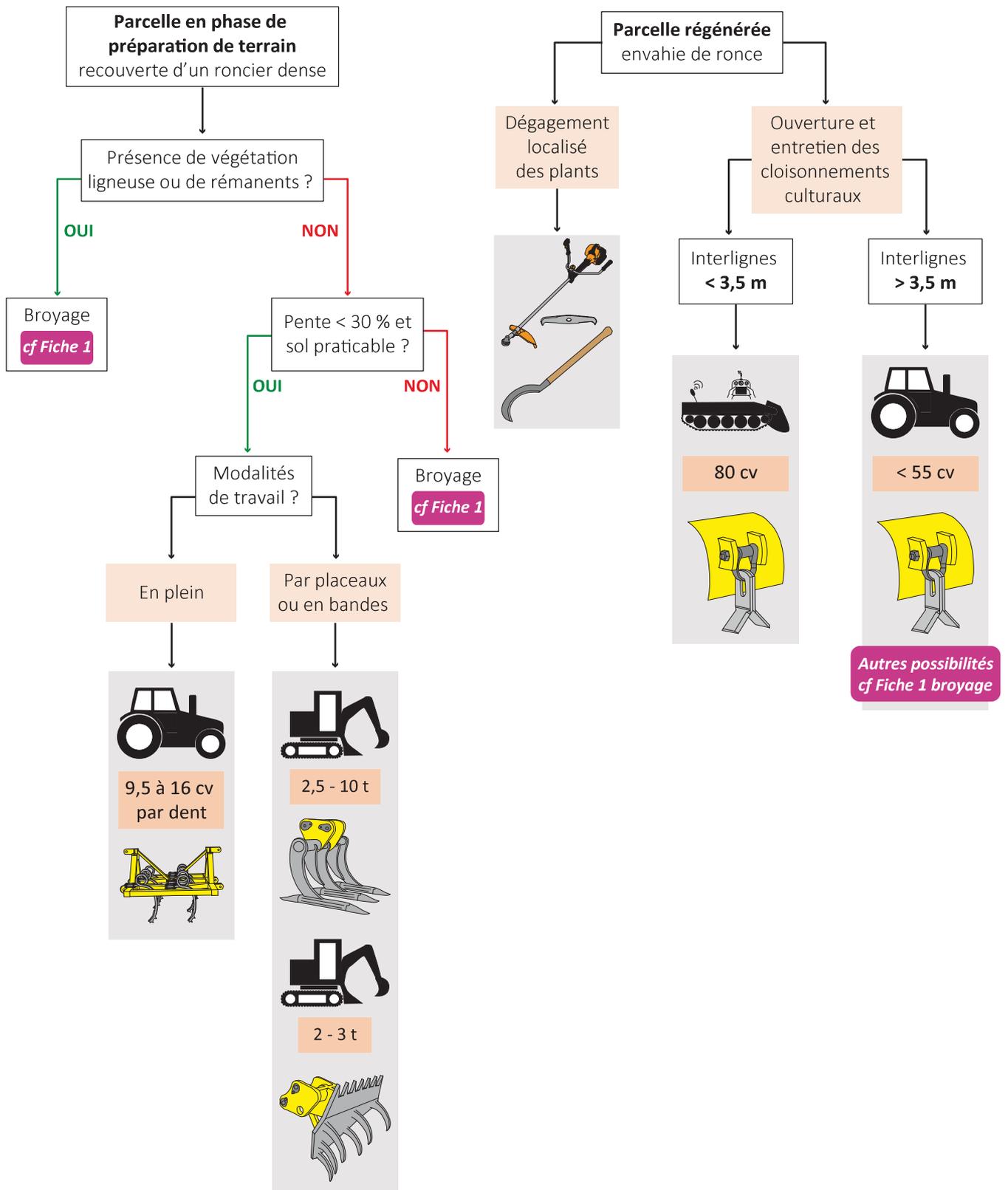
En phase d'entretien, l'écrasement de la ronce par bâtonnage manuel et piétinement n'est pas une technique très répandue. Plus rapide et moins couteuse qu'un débroussaillage, elle nécessite une très bonne condition physique de la part des ouvriers. Les résultats ne sont quant à eux pas comparables. En effet, en ne portant uniquement atteinte qu'à son développement aérien, l'écrasement ne réduit pas la vitalité. De nouvelles pousses se reforment sur base des tiges écrasées, ce qui amène à devoir intervenir de manière annuelle ensuite.

En définitive, le bâtonnage peut donner de bons résultats sur les ronciers à condition que ceux-ci soient peu vigoureux et dans des conditions de lumière tamisée. Dans le cas contraire, la vigueur de la ronce est telle que l'effet du dégagement générera davantage de travail ensuite.

c. Les engins

	Tracteur	Automoteur chenillé
		
		
	Arrachage – peignage	
Efficacité maximale		
Milieus adaptés	Sols portants	Sols sensibles Présence d'obstacles rocheux Zones étroites : placeaux d'enrichissement, ...
Pente	< 30 %	< 58 %
Modalités de travail		
Impact au sol	Risque de tassement, d'ornièrage ou de compaction	Empreinte réduite
	± 1500 g/cm ²	± 300 g/cm ²
Déplacement	Limité sur route	Par camion
Puissances	> 60 cv	2 – 10 t

d. Choisir l'outil et l'engin adaptés à ma situation



6. La bruyère et la myrtille

a. Généralités

Les bruyères et myrtilles sont des espèces semi-ligneuses présentant des similarités écologiques. Elles peuvent constituer des tapis uniformes denses empêchant toute régénération naturelle et limitant le développement des plantations, par le biais d'une concurrence pour l'eau ou l'émission de substances inhibant le développement racinaire des plants et semis comme dans le cas de la bruyère.

En préparation de terrain, la problématique doit être traitée idéalement par **arrachage – peignage** ou par travail superficiel (**rouleau landais** et **fraises**). Les techniques de coupe ne sont pas conseillées car elles réactivent la croissance des espèces.

Bruyère commune		Myrtille													
															
niveau HYDRIQUE	très sec							niveau HYDRIQUE	très sec						
	sec								sec						
	assez sec								assez sec						
	frais								frais						
	assez humide								assez humide						
	humide en permanence								humide en permanence						
	inondé en permanence								inondé en permanence						
		très acide	acide	assez acide	faiblement acide	neutre	calcaire			très acide	acide	assez acide	faiblement acide	neutre	calcaire
	niveau TROPHIQUE							niveau TROPHIQUE							
Fréquence : bois clairs, landes, sols pauvres							Fréquence : bois clairs, pelouses, lisières forestières, landes, tourbières, pinèdes, pessières, sols pauvres								

Avantages

- réduit la pression du gibier sur les plants par effet de dilution
- source de gagnage printanier des cervidés
- entrave contre le développement des graminées

Inconvénients

- concurrence pour l'eau: interception de l'eau de surface par les racines superficielles
- obstacle physique: la forte densité des tiges crée un blocage des graines avant qu'elles n'atteignent le sol ; le phénomène est accru dans les peuplements feuillus où l'accumulation des feuilles forme une litière desséchante et épaisse
- inhibition de la croissance des régénérations par des composés chimiques inhibiteurs, permettant la dominance de l'espèce (landes à bruyères)

b. Outils et techniques

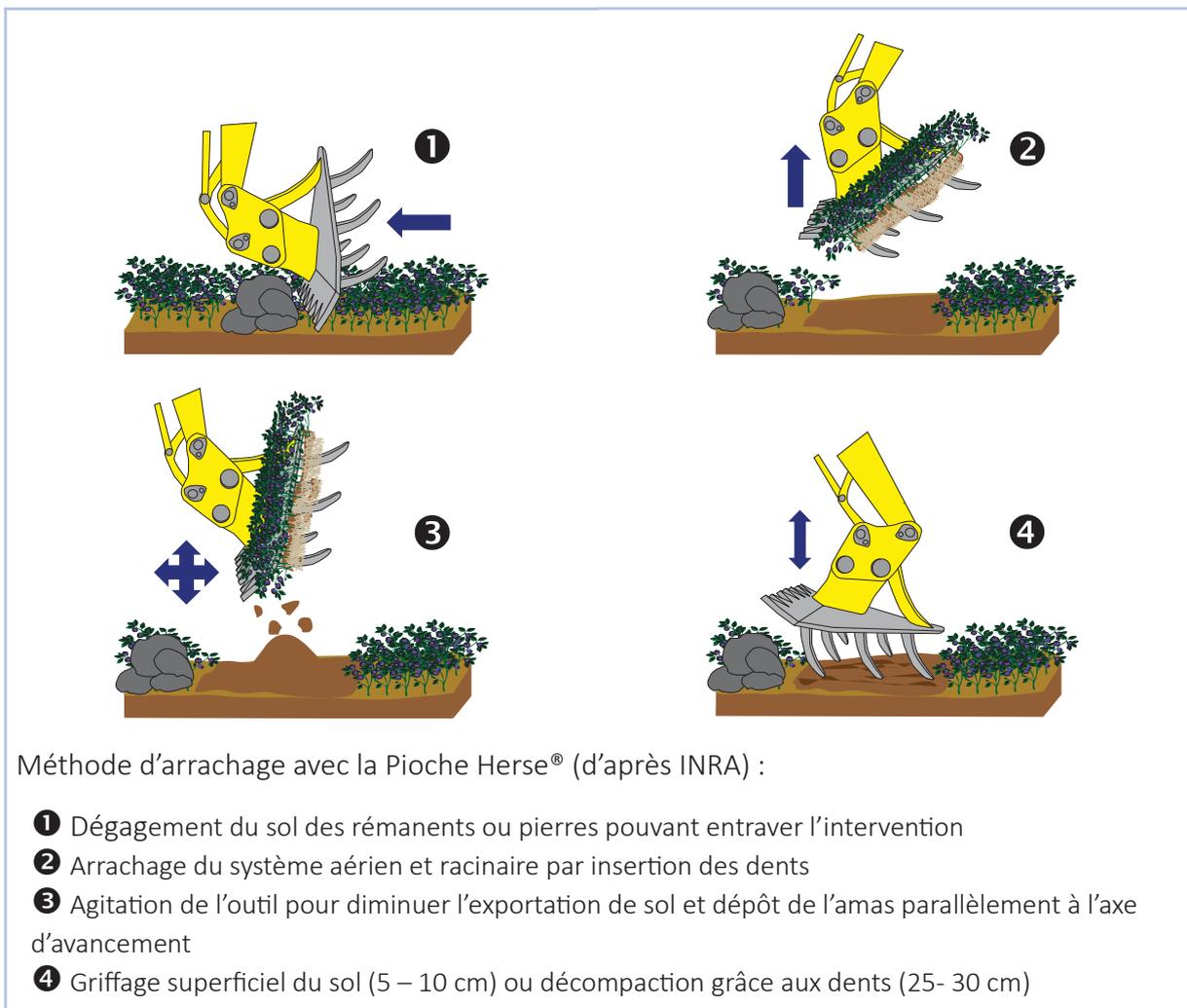
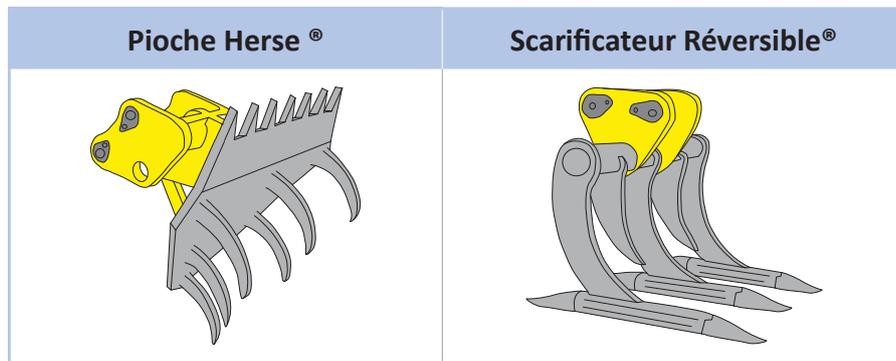
Arrachage - peignage

préparation de terrain



entretiens

L'arrachage de la bruyère et de la myrtille est efficace. Il agit sur la suppression du tapis formé par l'enchevêtrement des racines. Il peut être réalisé avec des outils de scarification tel que la Pioche-Herse® ou le scarificateur réversible®.



Pour plus d'informations sur cette technique consulter la fiche relative au scarificateur réversible réalisée par l'Inra <https://www6.inrae.fr/renfor/Ressources/Fiches-techniques>

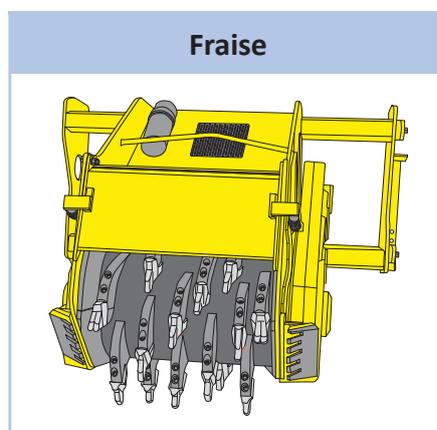
Travail superficiel du sol avec fraissage

préparation de terrain



entretiens

En détruisant les parties aériennes et racinaires, le fraissage agit de manière efficace contre la bruyère et la myrtille.



Coupe mécanique

préparation de terrain



entretiens

Pour que le broyage soit efficace, l'utilisation d'un broyeur à axe horizontal à dents fixes est primordiale. Les broyeurs à axe vertical effectuent un travail de fauche qui réactive la croissance des plantes (comme les graminées).

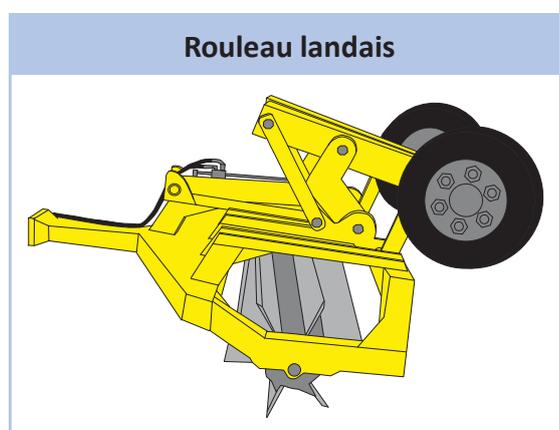
Travail superficiel du sol au cover-crop, rouleau landais

préparation de terrain

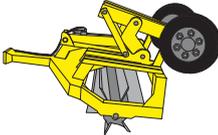
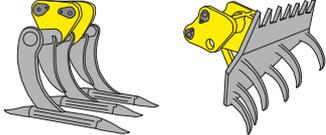
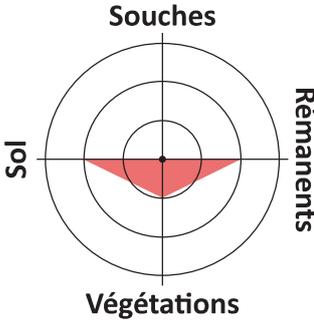
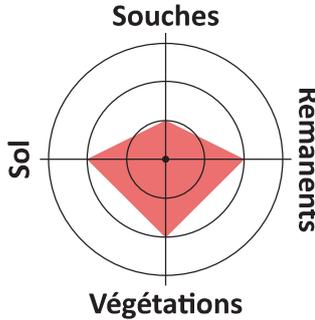


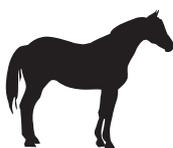
entretiens

Tous les outils exerçant un travail superficiel du sol n'ont pas la même efficacité sur la bruyère et la myrtille. Le rouleau landais permet une gestion efficace de la bruyère grâce à ses lames qui hachent la végétation. A l'inverse, le cover-crop n'a pas d'effets suffisants sur ces espèces.



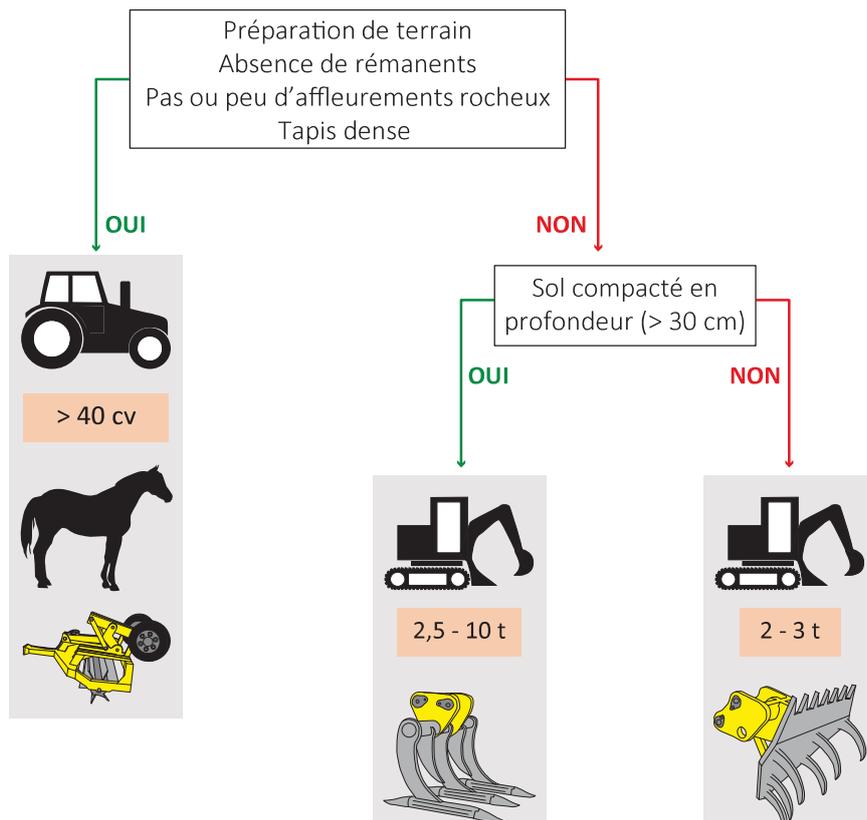
c. Les engins

	Tracteur	Minipelle
		
		
	Travail superficiel du sol	Arrachage-peignage
Efficacité maximale		
Milieux adaptés	Sols portants	Sols sensibles Présence d'obstacles rocheux Zones étroites : placeaux d'enrichissement, ...
Pente	< 30 %	< 58 %
Modalités de travail		
Impact au sol	Risque de tassement, d'orniérage ou de compaction	Empreinte réduite
	± 1500 g/cm ²	± 300 g/cm ²
Déplacement	Limité sur route	Par camion
Puissances	> 40 cv	2 – 10 t



Le rouleau landais existe également en version hippotractée.

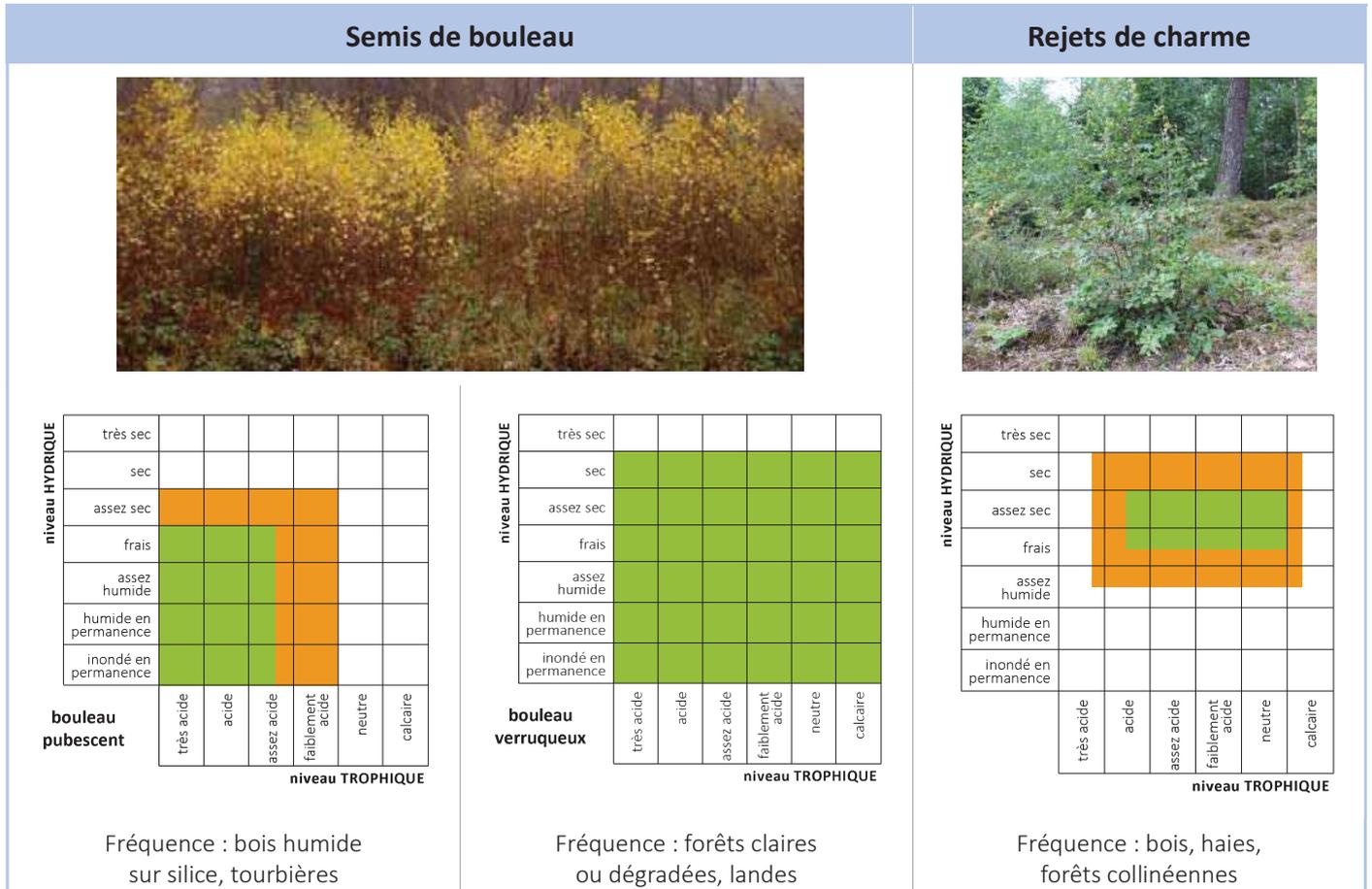
d. Choisir l'outil et l'engin adaptés à ma situation



7. Les ligneux

a. Généralités

Bien qu'ils puissent exercer une concurrence sévère pour la lumière, l'eau et les éléments minéraux, les ligneux sont généralement considérés comme des alliés du forestier, à condition que leur développement puisse être maîtrisé.



Avantages

- rôle tampon contre les extrêmes météorologiques : vents secs, canicules, gelées,...
- ombrage bénéfique aux semis d'essences sciaphiles
- gainage et éducation des jeunes plants
- gagnage hivernal et refuge potentiel appréciés par la grande faune
- protection des plants contre l'abrutissement et le frottis des cervidés
- empêche le développement de graminées nettement plus contraignantes et freine le développement des ronces et des fougères
- production secondaire de bois de feu

Inconvénients

- concurrence pour la lumière si sa hauteur est supérieure à celle de la régénération
- concurrence pour l'eau et les éléments minéraux
- en cas de neige collante, risque d'écrasement
- action mécanique néfaste : déformations et frottements

b. Outils et techniques

Coupe manuelle

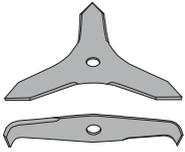
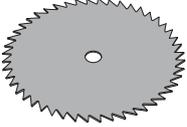
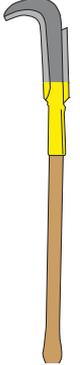
préparation de terrain



entretiens

La coupe manuelle des ligneux provoque généralement une recrudescence d'autant plus importante que la station est riche et les conditions de luminosité fortes (ie. ronces).

Le choix de l'outil de coupe manuel sera déterminé par le diamètre des ligneux en présence.

Broussailles et petits ligneux			Taillis et arbustes		
					
Serpe	Croissant forestier	Lames de débroussailleuse : Couteau à taillis Couteau broyeur	Lame de débroussailleuse circulaire	Serpe à double tranchant	Serpe italienne

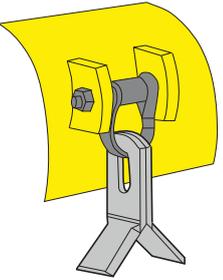
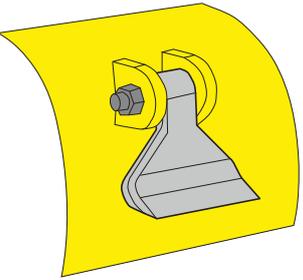
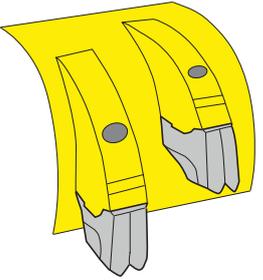
Coupe mécanique

préparation de terrain



entretiens

En préparation de terrain, le choix du broyeur est déterminé par le diamètre de coupe. En entretien, les broyeurs et épareuses permettent de limiter le développement des ligneux dans les interlignes lorsque la largeur de ceux-ci le permet. Par ailleurs, les épareuses peuvent travailler au-dessus de la régénération grâce au bras de l'engin.

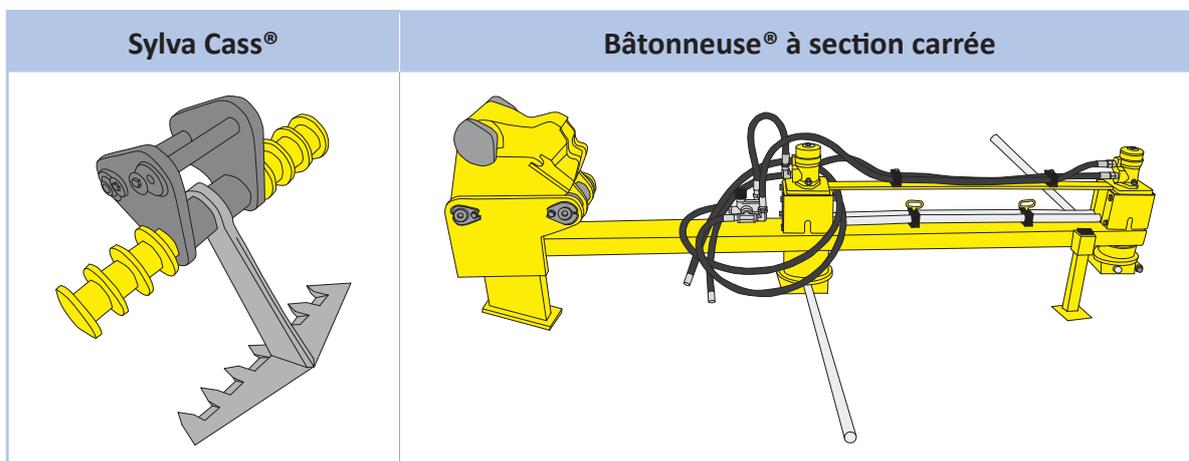
Broyeur à fléaux ($\varnothing < 4$ cm)	Broyeur à marteaux mobiles ($4 \leq \varnothing \leq 7$ cm)	Broyeur à marteaux fixes ($\varnothing > 7$ cm)
		



Pour plus d'informations sur les outils, consulter la fiche **1 broyage**



En dégagement et nettoyage, le cassage des tiges ligneuses peut se faire manuellement, à l'aide d'une serpe ou mécaniquement grâce à la bâtonneuse® Grenier-Franco à section carrée (utilisée pour casser le *Prunus serotina*) ou le Sylva Cass® pour de plus gros individus (jusqu'à 20 cm de diamètre). Grâce à cette technique, les tiges sont maintenues ce qui ralentie la repousse.

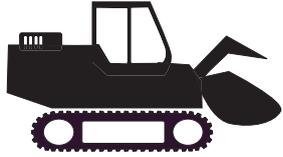
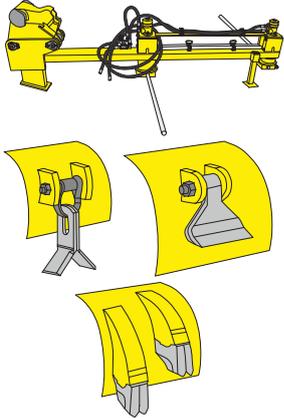
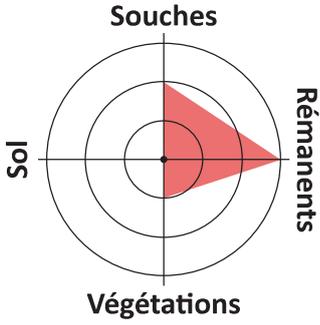
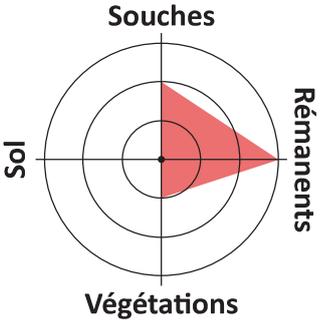
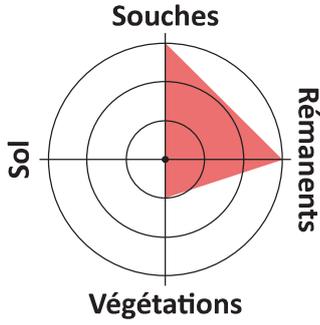


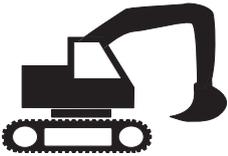
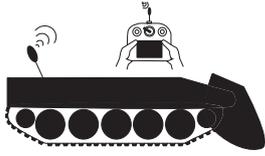
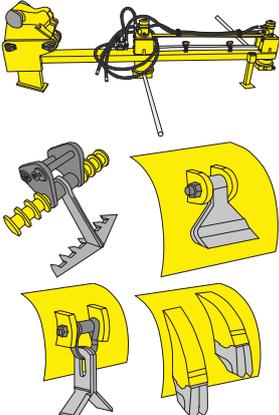
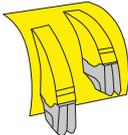
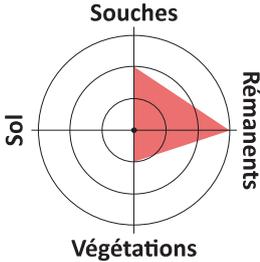
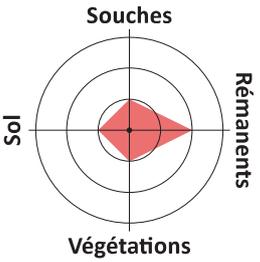
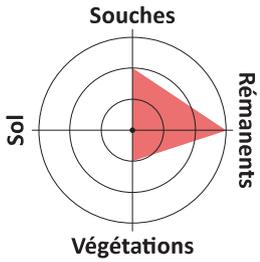
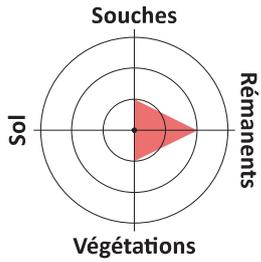
Minipelle munie de l'outil Sylva Cass® lors d'une démonstration de nettoyage en feuillus



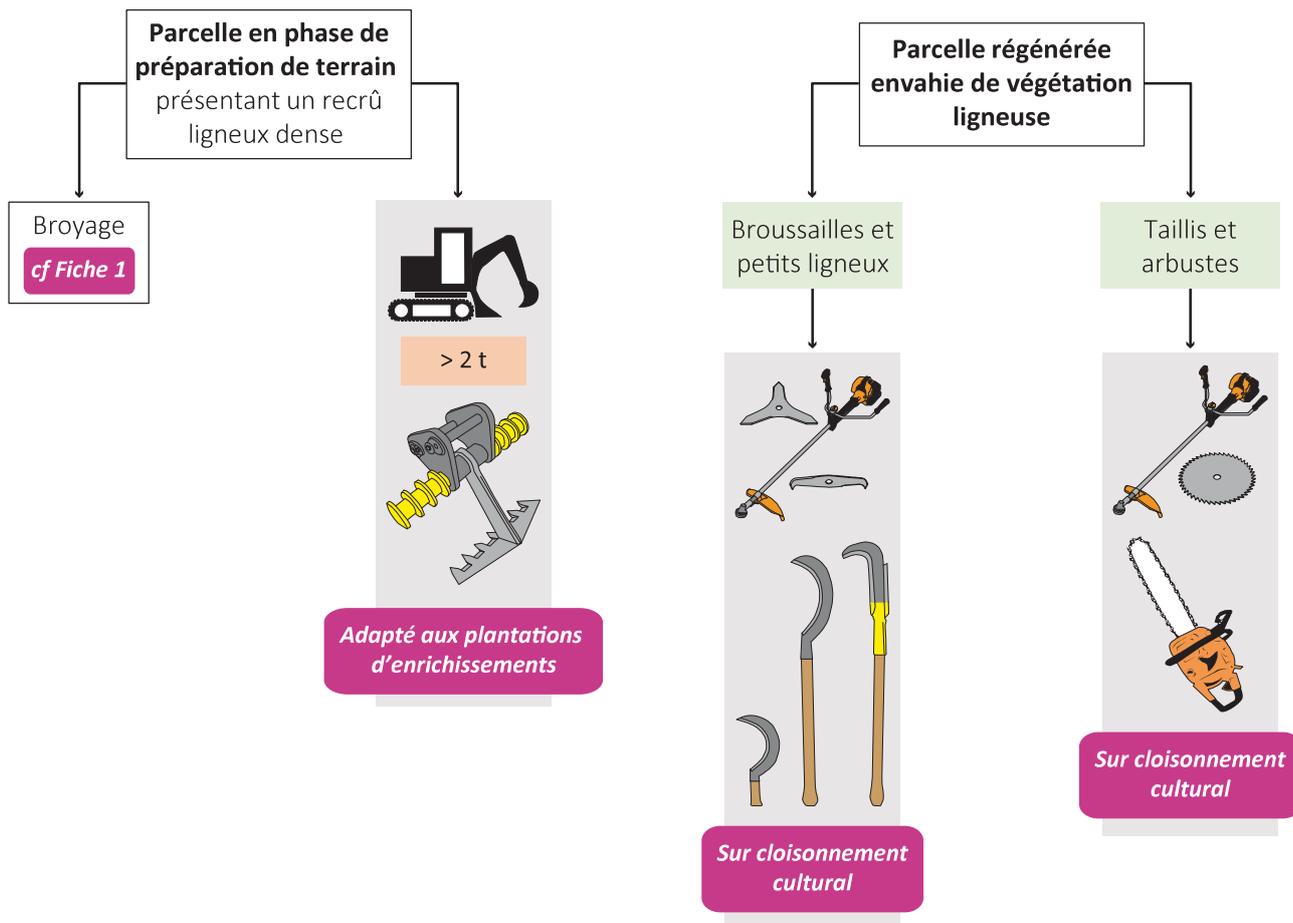
Prévu à l'origine pour réaliser un travail superficiel du sol, le fraisage peut être utilisé pour préparer une parcelle avant plantation à condition d'utiliser des fraisages larges montés sur des engins suffisamment puissants. L'effet attendu est alors le même que celui procuré par un broyeur à dents fixes.

c. Les engins

	Tracteur	Automoteur sur roues	Automoteur chenillé
			
			
	Coupe mécanique – cassage	Coupe mécanique	Coupe mécanique
Efficacité maximale	<p>Souches</p>  <p>Réménents</p> <p>Sol</p> <p>Végétations</p>	<p>Souches</p>  <p>Réménents</p> <p>Sol</p> <p>Végétations</p>	<p>Souches</p>  <p>Réménents</p> <p>Sol</p> <p>Végétations</p>
Milieus adaptés	Sols portants	Sols portants Présence d'obstacles rocheux	Sols sensibles Présence d'obstacles rocheux
Pente	< 30 %	-	< 100% (< 57% en dévers)
Modalités de travail			
Impact au sol	Risque de tassement, d'orniérage ou de compaction		Empreinte réduite
	± 1500 g/cm ²	-	± 350 g/cm ²
Déplacement	Limité sur route		Par camion
Puissances	50 – 500 cv	60 – 400 cv	100 – 500 cv

	Pelleteuse	Minipelle	Chargeur compact	Radiocommandé
				
				
	Coupe mécanique	Coupe mécanique/ cassage	Coupe mécanique	
Efficacité maximale				
Milieux adaptés	Sols sensibles Présence d'obstacles (rocheux, rémanents encombrant)	Sols sensibles Présence d'obstacles rocheux Zones étroites : placeaux d'enrichissement, ...		
Pente	< 70 %	< 58 %	< 35%	< 120 %
Modalités de travail		Rayon d'action de 360° & travail précis		
Impact au sol	Empreinte réduite			
	± 250 – 450 g/cm ²	± 300 g/cm ²	± 300 – 440 g/cm ²	± 200 g/cm ²
Déplacement	Par camion			Par véhicule léger si poids remorque + engin < 3,5 t
Puissances	10 – 45 t	2 – 10 t	40 – 180 cv	30 – 180 cv

d. Choisir l'outil et l'engin adaptés à ma situation



8. Précautions d'usage

Il convient de respecter les consignes de mise en œuvre suivantes :

PRÉCONISATIONS GÉNÉRALES

- o Intervenir sur sol **porteur** et **ressuyé** pour limiter le compactage et l'orniérage
- o L'élimination total de la végétation concurrente n'est pas conseillée : risque d'inversion de flore, risque d'érosion par le sol mis à nu
- o L'outil de maîtrise doit être choisit en fonction de la végétation en place : un outil n'a pas le même impact sur tous les types de végétation
- o Autour du plant, la végétation concurrente doit être maîtrisée sur une distance au moins égale à la moitié de la hauteur maximale que cette dernière peut atteindre: risque d'écrasement du plant, ombrage excessif
- o Anticiper la concurrence et choisir un outil de maîtrise adapté permet de réduire le nombre d'intervention de dégagement
- o Ne pas intervenir en **période de mise bas et d'éclosion** (mars à juin) : risques importants de destruction des portées ou des nichées

PRÉCONISATIONS PARTICULIÈRES

Pour une gestion efficace, certaines végétations nécessitent d'être traitée lors de périodes particulières :

Végétation	Technique	Période
Fougère aigle	Arrachage	En automne, sur sol ressuyé → début de la sénescence des frondes
	Bâtonnage	En juin, avant que les frondes n'exercent leur concurrence à la lumière sur les plants → déploiement des dernières folioles (fin de la période de croissance) tiges pouvant encore être gorgées d'eau, réserve de la plante importante
	Coupe manuel	En juillet, lorsque la fougère à atteint le maximum de sa hauteur. Puis août/ septembre → en juillet, début de l'effondrement de la fougère sous son propre poids, réserves des rhizomes diminués
Ronce	Arrachage	Avant l'ensemencement de la régénération naturelle, afin de ne pas emporter toutes les graines par le peignage
Myrtille et bruyère	Scarification	Avant régénération en respectant les précautions d'usage



Pour plus d'informations, consulter les fiches **1 broyage** et **6 travail du sol**

Fiche technique REGE n°6

Le travail du sol et effets combinés sur la végétation



1. Principes

Le travail du sol comprend les opérations de préparation de terrain visant à **ameublir** le sol, superficiellement ou en profondeur (décompactage), et à traiter la problématique des **humus trop épais** (humus « bruts »). Il peut être réalisé par des opérations dénommées *griffage*, *bêchage*, *fraisage*, *pseudo-labour*, *déchaumage*, *labour*, *sous-solage*. L'objectif d'un travail du sol est de (re)créer des conditions favorables à l'installation et au développement juvénile de la régénération.

Certaines techniques et outils permettent également de traiter des **végétations de blocage**. Selon le type d'outil et la végétation ciblée, l'opération peut être réalisée simultanément (ie. fraise : ameublissement superficiel + humus brut + graminées en 1 passage), par étapes successives au cours de l'intervention (outils combinés, ie. Sylva Cass® : ligneux puis humus brut) ou par phases distinctes nécessitant une adaptation du mode opératoire de l'outil (ie. Chisel : 1^{er} passage surélevé : ronces ; 2^{ème} passage : ameublissement superficiel + humus brut).

La qualité va dépendre de 6 facteurs essentiels :

1. dextérité de l'opérateur
2. type d'engin
3. conditions d'humidité du sol
4. texture du sol
5. densité de souches et de rémanents
6. végétation en place

Les opérations optimales pour chaque type de travail peuvent être répertoriées comme suit :

- o **Ameublissement superficiel du sol** (< 30 cm) et **traitement des humus bruts** :
 - scarification
 - pseudo-labour / déchaumage
 - fraisage
- o **Décompactage profond du sol** (> 30 cm) :
 - labour
 - sous-solage



Pour une meilleure compréhension de la fiche, se référer au mode d'emploi détaillant chaque rubrique

Avantages

- initiation d'une régénération naturelle
- amélioration du développement racinaire des plants → croissance de la tige optimisée
- économie de dégagements grâce à une croissance juvénile plus rapide, notamment sur technique traitant la végétation concurrente
- décompactage du sol
- amélioration de la qualité et de la rapidité de la plantation : moins de coups de houe et meilleure disposition des racines en terre
- suppression des obstacles à la pénétration des racines : racines, humus brut, végétations

Inconvénients

- effet à court terme
- peut-être perturbant pour les horizons du sol
- peut favoriser l'érosion des sols sensibles ou fortement en pente → lessivage de la matière organique
- stimule l'émergence de végétation concurrente sur certaines stations (banque de graines)
- dans les sols argileux, risque d'effet baignoire lors de fortes pluies : asphyxie des racines
- risque de lissage des parois
- perturbation de la petite faune et de la pédofaune
- attire des sangliers pour les sols travaillés : risques de dégâts de gibiers accrus
- nécessité d'enterrer le collet du plant en prévision du tassement naturel ultérieur du sol : éviter l'effet mèche

2. Tableau récapitulatif des outils et techniques préconisés

Techniques	Outils	Nature du travail			
		Ameublissement superficiel	Décomptage profond	Humus bruts	Végétations potentiellement traitées
Scarification	<ul style="list-style-type: none"> • Pioche-Herse® • Régédent® • Sylva-cass® • Rouleau landais 				<ul style="list-style-type: none"> • Graminées • Myrtille, bruyères • Ligneux
Pseudo-Labour et déchaumage	<ul style="list-style-type: none"> • Cover-Crop / Charrue à disques • Chisel / Cultivateur à dents 				<ul style="list-style-type: none"> • Graminées • Ronces
Fraisage	<ul style="list-style-type: none"> • Fraises 				<ul style="list-style-type: none"> • Graminées • Myrtille, bruyères • Ronces • Ligneux
Labour	<ul style="list-style-type: none"> • Charrue forestière 				<ul style="list-style-type: none"> • Graminées
Sous-solage	<ul style="list-style-type: none"> • Sous-soleur multifonction® • Modul'D® • DB10® 				<ul style="list-style-type: none"> • Graminées (outils combinés)

Légende

Technique adaptée	
Technique adaptée sous certaines conditions (techniques, outils)	
Technique inadaptée	

3. Outils et techniques

a. La scarification

La scarification, également appelée crochetage du sol, est une opération destinée à traiter le problème des **humus trop épais**, dits « bruts », et **ameublir** le sol de manière superficielle.

En griffant la matière organique accumulée, la scarification permet un contact plus direct entre les graines ou les plants et les horizons minéraux sous-jacents. L'ameublissement superficiel favorise quant à lui l'installation et le développement de la régénération.

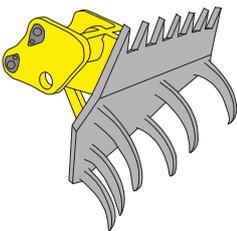
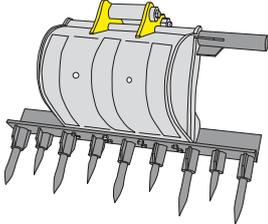
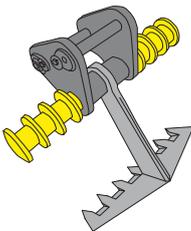
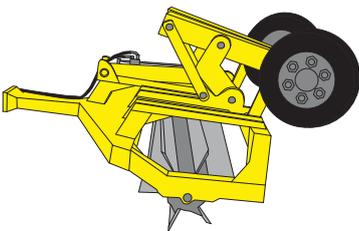
Les outils utilisés ne réalisent pas le mélange de l'humus avec les horizons minéraux sous-jacents et n'améliorent pas le fonctionnement biologique du sol. Par contre, ils permettent de traiter efficacement les tapis de graminées, les bruyères et myrtilles voire les ligneux pour certains.

Avantages

- amélioration du contact sol-graines ou sol-plants
- ameublissement superficiel du sol
- traitement de la végétation concurrente
- pas de bouleversement des horizons de surface
- gamme d'outils très variée

Inconvénients

- traitement préalable des rémanents ou de la végétation pouvant s'avérer nécessaire selon le choix de l'outil

Pioche Herse®	Régédent®	Sylva-cass®	Rouleau landais
			
<ul style="list-style-type: none">✗ rémanents✓ végétations✓ pierrosité	<ul style="list-style-type: none">✓ rémanents✓ végétations (sauf graminée dense)✓ pierrosité	<ul style="list-style-type: none">✓ rémanents✓ végétations✓ pierrosité	<ul style="list-style-type: none">✓ rémanents✓ végétations✓ pierrosité

Le **rouleau landais** existe en version hippotractée.



Pour plus d'information concernant la Pioche-Herse® ou le Régédent®, consulter les fiches réalisées par l'Inra : <https://www6.inrae.fr/renfor/Ressources/Fiches-techniques>

Certains outils d'**andainage** (râteau et scarificateur) ainsi que les **peignes des sous-soleuses** permettent également un décapage de l'humus. Les premiers n'effectuent pas de travail du sol tandis que les seconds réalisent un travail plus profond.



Pour plus d'informations : consulter les fiches **2 andainage**, **3 sous-solage** et **5 gestion de la végétation**

b. Le pseudo-labour et le déchaumage

Le pseudo-labour est une technique de mélange du sol, sans retournement des horizons, pouvant compléter ou remplacer le labour en **ameublissant** les horizons de surface. En fonction de l'outil et des modalités de travail, il permet d'enfouir la **matière organique** d'autant plus efficacement que le travail est profond. Deux types d'outils sont utilisés en forêt : le Cover-Crop (charrue à disques) et le Chisel (cultivateur à dents). Le Chisel réalise un pseudo-labour particulier, dénommé déchaumage, consistant en un travail du sol superficiel destiné à enfouir les résidus de broyage ou les humus bruts, destiné à favoriser leur minéralisation.



Le Cover-Crop forme une alternance de billons et de sillons, permettant de surélever les plants par rapport au niveau normal du sol en condition d'hydromorphie, et réduire par conséquent les risques d'asphyxie racinaire.

Le chisel et le cover-crop peuvent être utilisés en préparation de terrain contre les tapis de graminées denses. Le chisel peut également servir à peigner la ronce en réhaussant la hauteur de l'outil par rapport au sol.

Avantages

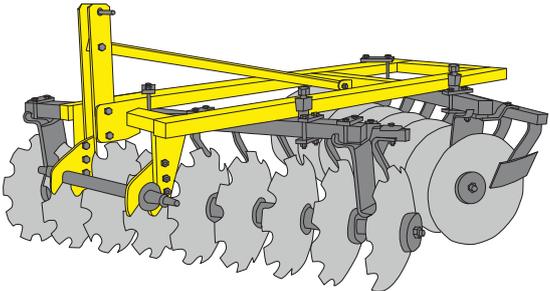
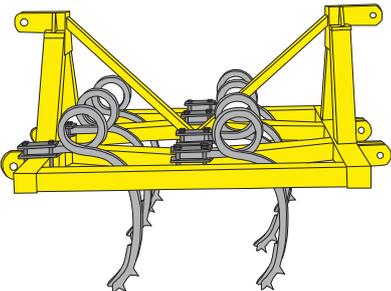
- ameublissement superficiel
- réactivation ou accélération de la minéralisation de la matière organique
- pas d'exportation de la matière organique
- faibles coûts horaires
- adapté au travail en plein ou en bande
- pas de bouleversement des horizons en profondeur
- le cover-crop permet de mettre les plants hors-eaux en conditions hydromorphes

Inconvénients

- nécessité de traiter la végétation avant intervention (ligneux et semi-ligneux)
- travail réservé aux sols comportant peu de rémanents et souches et à faible pierrosité



Cover-Crop Mygale® de la firme DAIRON
Orientation des disques réglable à l'aide de vérins hydrauliques

Cover-Crop ou charrue à disques	Chisel ou Cultivateur à dents
 <ul style="list-style-type: none"> ✗ rémanents ✗ végétations (sauf graminées) ✓ pierrosité 	 <ul style="list-style-type: none"> ✗ rémanents ✓ végétations ✓ pierrosité



Cover-crop combinés

- **La Charrue Deltasol®**

Cet outil développé par la Coopérative Alliance Forêts Bois est un combiné de 3 techniques : le décompactage par une dent de sous-solage, le pseudo-labour par 2 disques et le nivellement du sol par un rouleau muni de disques émietteurs. Il est utilisable sur parcelles non dessouchées.



Pour plus d'informations : <https://www.allianceforetsbois.fr/actualites/video/charrue-deltasol-outil-innovant-de-preparation-sol-plantation/>

- **La Charrue bidisque motorisée®**

Il s'agit d'une charrue à 2 disques et d'un rouleau émietteur à disques. Elle dispose également d'un épandeur d'engrais intégré à l'avant de la machine.



Pour plus d'informations : <https://www.allianceforetsbois.fr/proprietaires-forestiers/travaux-de-sylviculture/preparation-du-sol/>

c. Le fraissage

Le fraissage est une technique de broyage particulière destinée à **ameublir superficiellement le sol**. Il permet également d'accélérer la minéralisation des **humus bruts**, de broyer des **souches** et certains types de **pierres** et de traiter une grande diversité de **végétations** de blocage, en fonction de la puissance des engins.

Les fraises se distinguent des broyeurs à dents fixes par leur capacité à travailler le sol jusqu'à une profondeur atteignant en moyenne 30 cm. Leur largeur de travail varie de moins d'1 m à près de 3 m. Le choix de l'outil de fraissage et de la puissance de l'engin doivent être déterminés en fonction du travail recherché.

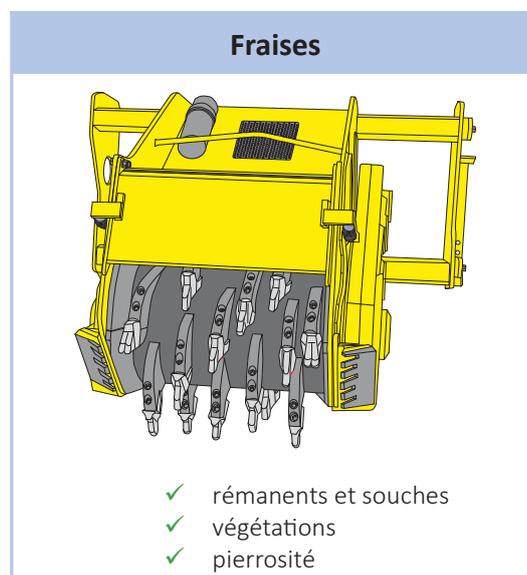
Différents types de fraises ont été développés pour correspondre à un large panel d'engins : tracteur, chargeur compact, automoteur chenillé et sur roues et pelleteuse. Les outils sur automoteur sont placés à l'avant. Si le poste de conduite n'est pas amovible et que la largeur de travail du sol excède celle de l'emprise des roues ou chenilles, cette combinaison machine-outil ne sera utile que pour le traitement des souches.

Avantages

- ameublissement du sol
- minéralisation de la matière organique
- pas d'exportation de la matière organique
- nombreuses possibilités de mise en œuvre (sur la ligne, en bande ou en plein)
- pas de bouleversement des horizons en profondeur
- les modèles les plus étroits permettent un maintien de recrû ligneux
- certains modèles sont suffisamment puissants pour broyer des souches

Inconvénients

- technique non-adaptée aux terrains en pente en raison du risque d'érosion des sols mis à nus
- risque de lissage du sol en profondeur et d'accumulation d'eau dans le substrat fraisé lors de précipitations prolongées et en faible pente
- dans les sols lourds, les racines du plant suivent les bords latéraux de la ligne de fraissage
- déstructuration des horizons de surface



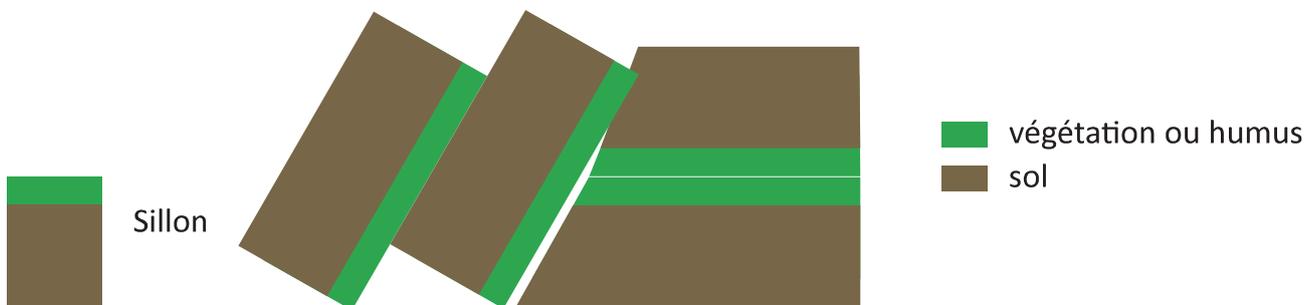
d. Le labour



Le labour est une technique lourde. Son utilité est un sujet très controversé. Dans de mauvaises conditions, il peut être néfaste pour le sol (formation d'une semelle de labour, perte de fertilité, diminution de la pédofaune...). Cette technique est essentiellement utilisée sur sols sableux (landes de Gascogne) sur lesquels elle occasionne peu de dégâts.

Le labour est un travail du sol profond destiné à **ameublir le sol** sur une profondeur de 30 à 40 cm, enterrer la **végétation herbacée** et son stock de graines. En retournant le sol par bandes étroites, le labour provoque la fissuration des bandes de terre et limite l'apparition et le développement de la végétation concurrente au moment de la régénération.

L'enfouissement des **humus** crée parfois des conditions anaérobiques défavorables à la minéralisation de la matière organique, selon la texture du sol.



Avantages

- traitement des végétations herbacées et du stock de graines
- constitue une bonne alternative aux herbicides → gestion mécanique des graminées
- formation de billons et sillons par alternance → mise hors-eaux des plants en sol hydromorphe
- amélioration de la structure du sol

Inconvénients

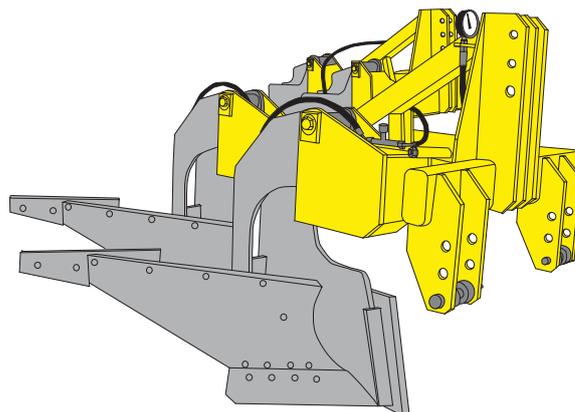
- remaniement des horizons du sol (retournement)
- en mauvaises conditions, création d'une semelle de labour
- mise à nu du sol → risque d'érosion du sol
- traitement préalable nécessaire des rémanents, souches et des végétations ligneuses et semi-ligneuses
- un labour trop profond risque de faire remonter une terre moins fertile ou des argiles
- l'enfouissement des résidus favorise une décomposition anaérobie → acidification des sols
- affecte négativement la macrofaune du sol



Charrue Dairon à 3 socs

Crédit photo : © Léon Wherlen, AgroParisTech

Charrue forestière



- ✗ rémanents
- ✓ souches (système non-stop)
- ✗ végétations (sauf graminées)



Outils de labour combinés

- **La Charrue forestière multifonctionnelle®**

Cette charrue dispose de 3 socs, chacun équipé d'un système de franchissement d'obstacle. L'outil dispose également d'un rouleau muni de disques émetteurs permettant de niveler le sol et de casser les mottes de surface. Elle est également équipée d'un épandeur intégré. Cet outil a été développé par Alliance Forêts Bois.



Pour plus d'informations : https://www.youtube.com/watch?v=soRc9fMGG_M et <https://www.allianceforetsbois.fr>

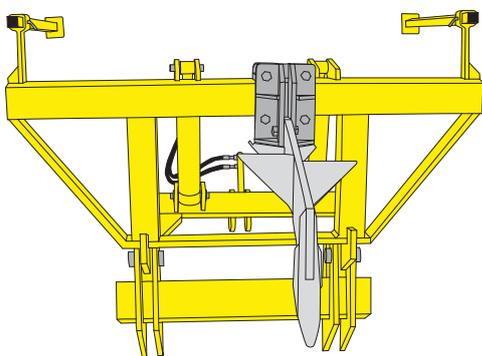
e. Le sous-solage

Le sous-solage réalise une **décompaction profonde du sol** sur une profondeur de 30 à 80 cm. Il traite les semelles de labour (anciennes terres agricoles), les alios, les horizons indurés de type *fragipan* voire les couches argileuses imperméables. Il n'a pas vocation à ameublir le sol de manière superficielle, bien que certaine technique le fasse inévitablement, ni à traiter les humus bruts. Certains outils combinant des dents de sous-solage et des disques ou peignes, permettent toutefois de traiter ces types d'humus et de réduire la concurrence des tapis de graminées.



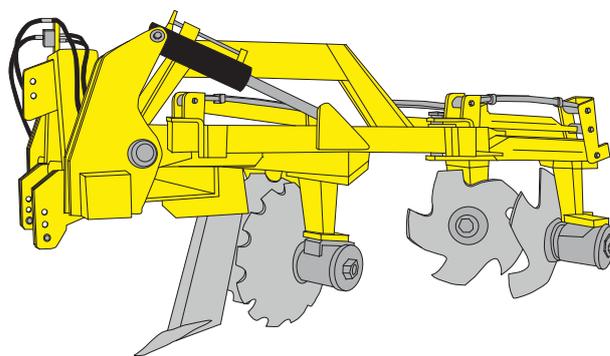
Pour plus d'informations :
consulter la fiche **3 sous-solage**

Sous-soleur tracté déporté



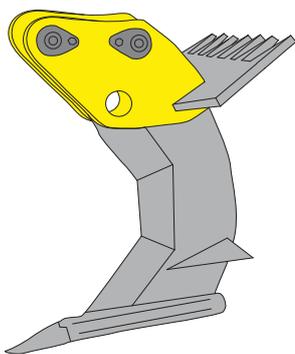
Profondeur de travail : 70 cm

Culti 3B®



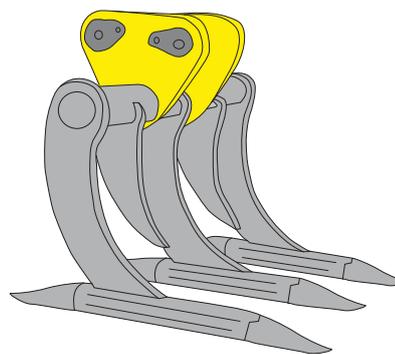
Profondeur de travail : 40 à 70 cm
Largeur de travail : 2,80 m

Sous-Soleur Multifonction®



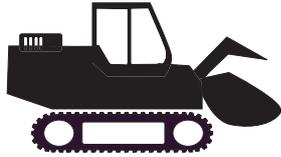
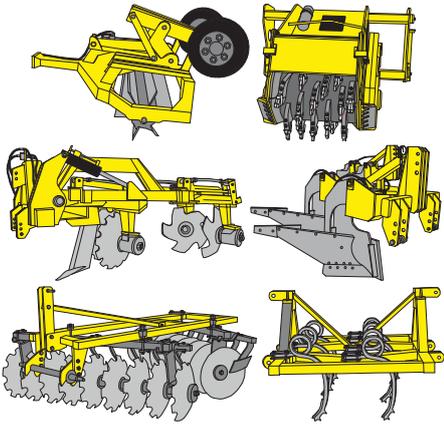
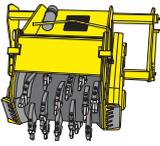
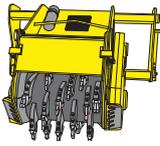
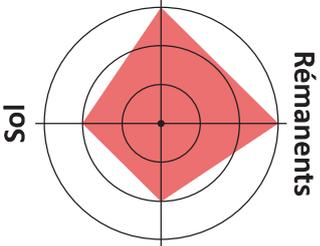
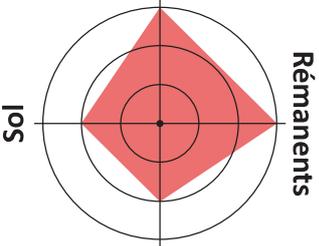
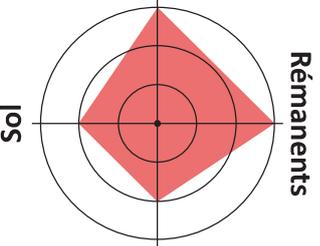
Profondeur de travail : jusqu'à 60 cm

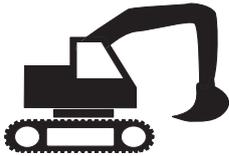
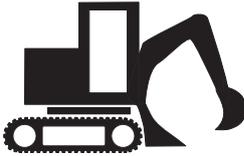
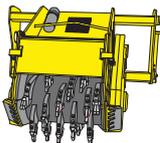
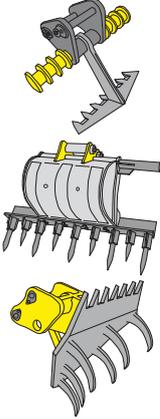
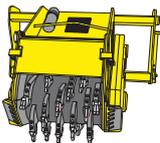
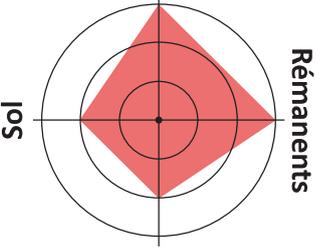
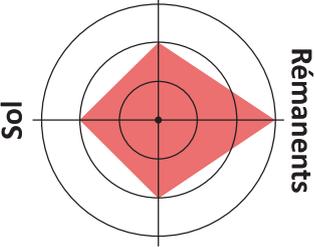
Scarificateur Réversible®



Profondeur de travail : 40 à 60 cm
Outil idéal de maîtrise de la fougère aigle

4. Les engins

	Tracteur	Automoteur sur roues	Automoteur chenillé
			
			
	Scarification /pseudo-labour et déchaumage/ fraissage/ labour	Fraisage	
Efficacité maximale	<p>Souches</p>  <p>Rémanents</p> <p>Sol</p> <p>Végétations</p>	<p>Souches</p>  <p>Rémanents</p> <p>Sol</p> <p>Végétations</p>	<p>Souches</p>  <p>Rémanents</p> <p>Sol</p> <p>Végétations</p>
Milieus adaptés	Sols portants	Sols portants Présence d'obstacles rocheux	Sols sensibles Présence d'obstacles rocheux
Pente	< 30 %	-	< 100% (< 57% en dévers)
Modalités de travail			
Impact au sol	Risque de tassement, d'orniérage ou de compaction		Empreinte réduite
	± 1500 g/cm ²	-	± 350 g/cm ²
Déplacement	Limité sur route		Par camion
Puissances	Scarification : 40 – 300 cv Pseudo-labour : 80 – 150 cv Déchaumage : 50 – 125 cv Fraisage : 70 – 500 cv Labour : 90 – 190 cv Sous-solage : 80 – 300 cv	250 – 650 cv	

	Pelleteuse	Minipelle	Chargeur compact
			
			
	Fraisage	Scarification	Fraisage
Efficacité maximale	<p>Souches</p>  <p>Sol</p> <p>Rémanents</p> <p>Végétations</p>	<p>Souches</p>  <p>Sol</p> <p>Rémanents</p> <p>Végétations</p>	<p>Souches</p>  <p>Sol</p> <p>Rémanents</p> <p>Végétations</p>
Milieus adaptés	Sols sensibles Présence d'obstacles rocheux, rémanents encombrants		Sols sensibles Présence d'obstacles rocheux Zones étroites : placeaux d'enrichissement, ...
Pente	< 70 %	< 58 %	< 35%
Modalités de travail			
Impact au sol	Empreinte réduite		
	± 250 – 450 g/cm ²	± 300 g/cm ²	± 300 – 440 g/cm ²
Déplacement	Par camion		
Puissances	12 – 35 t	2 – 10 t	100 – 200 cv

5. Précautions d'usage

Il convient de respecter les consignes de mise en œuvre suivantes :

PRÉCONISATIONS GÉNÉRALES

- o Intervenir sur sol **porteur** et **ressuyé** pour limiter le compactage et l'orniérage
- o Réaliser un diagnostic pédologique préalable à l'aide d'une micro-fosse :
 - Réaliser un test de **compacité** (ie. test au couteau) pour apprécier la profondeur et l'intensité de la compaction → sous-solage 2 à 5 cm sous la couche compactée
 - Identification de la **texture** :
 - *sols argileux* :
 - le travail doit être fait sur **sol sec** pour éviter le lissage des parois par le passage de l'outil (éviter le travail au printemps)
 - les fortes alternances gel-dégel doivent être prises en compte puisqu'elles augmentent le risque de **déchaussement des plants**. Il est alors conseillé de planter immédiatement après la période de gel et d'enterrer légèrement le collet du plant (éviter l'effet mèche)
 - Apprécier le niveau d'**humidité en profondeur** :
 - *sol trop humide* : risque de remontée des mottes, lissage des parois, re-compaction en profondeur
 - *sol trop sec* : pénétration des socs difficile, travail nécessitant plus de puissance
 - o Ne pas intervenir en **période de mise bas et d'éclosion** (mars à juin) : risques importants de destruction des portées ou des nichées

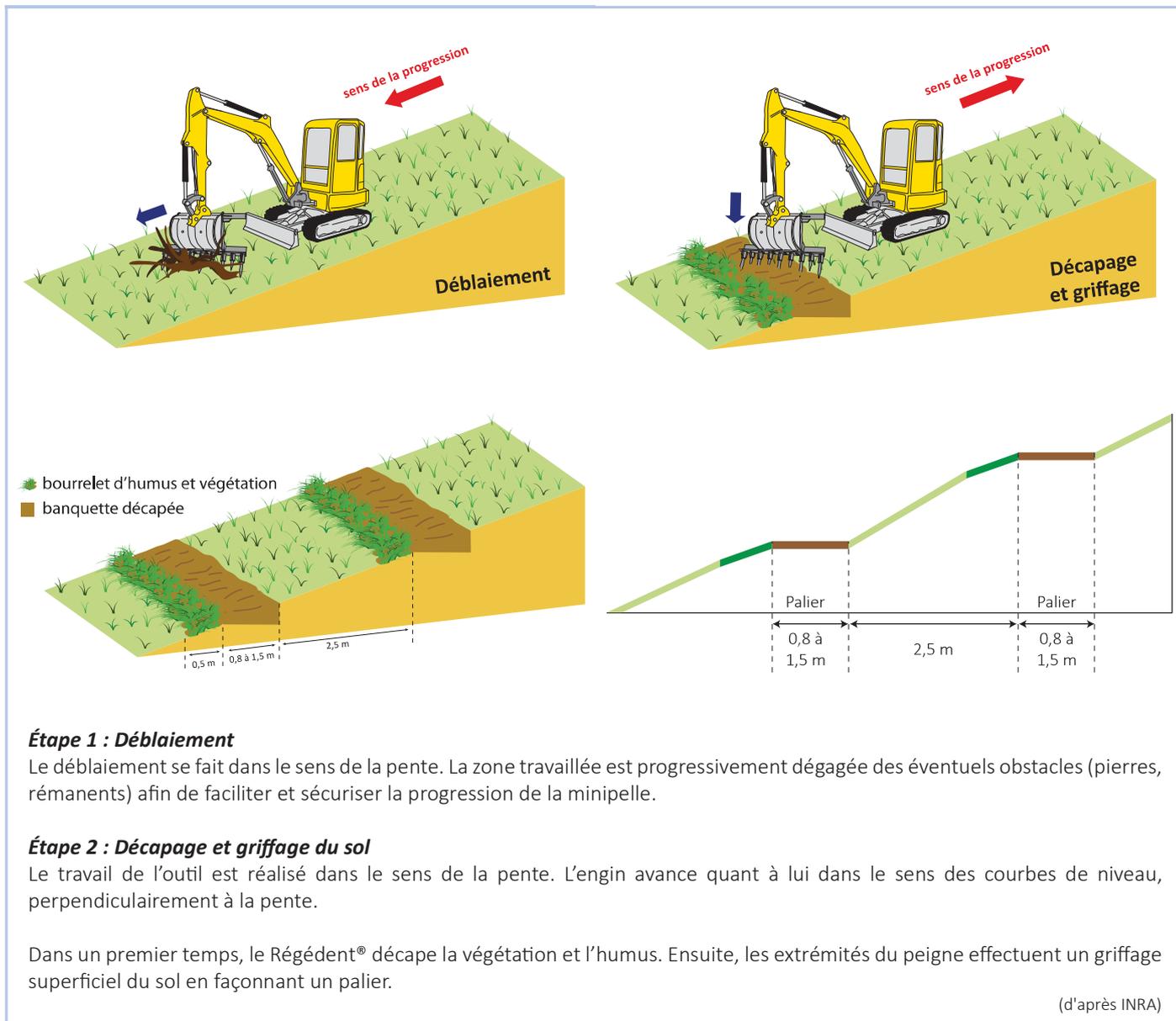
PRÉCONISATIONS PARTICULIÈRES

- o **Pseudo-labour / déchaumage** : réaliser 2 passages croisés si le niveau de compacité est important et/ou la végétation herbacée fortement développée
- o **Ameublissement superficiel du sol ou labour** : ne pas nécessairement travailler en plein, en raison du risque d'érosion et de perte en éléments minéraux
 - régénération naturelle : privilégier le travail du sol en bandes
 - plantation : adapter le travail aux modalités et privilégier un travail en potets ou en bandes le cas échéant
- o **Scarification** : sur terrain en pente, réaliser un travail **en paliers** (création de microsites) afin de retenir les semences et l'eau de ruissellement
- o **Travailler avec une fraise de 50 cm de largeur** : les fraises de largeurs inférieures à celle de l'engin (tracteur, automoteur ou chargeuse) permettent de maintenir un recrû potentiellement utilisable en accompagnement et gage d'une certaine biodiversité.



Pour plus d'informations :
consulter la fiche **5 Gestion de la végétation d'accompagnement**

- o **Scarification sur pente avec le Régédent®** : sur un terrain en pente, le travail en palier est nécessaire pour limiter le phénomène d'érosion, la perte en eau par ruissellement et pour retenir les graines éventuelles des semenciers. Dans ce dernier cas, il est important de ne pas travailler à proximité immédiate des arbres pour ne pas risquer de porter atteinte à leur système racinaire.



Pour plus d'informations, consulter la fiche réalisée par l'Inra : https://www6.inrae.fr/renfor/content/download/3963/36738/version/2/file/Fiche_Regedent.pdf

6. Effets du travail du sol sur la végétation

Végétation	Effet
La fougère aigle	Pseudo-labour, fraissage, labour ⇒ réactivation des bourgeons dormants en réserve sur les rhizomes ⇒ maintien de la compétition racinaire (travail du sol trop peu profond) ⇒ réduction temporaire de la concurrence avant la repousse des sections de rhizomes restés sous terre
Les ronces	Fraissage ⇒ risque de substitution de la ronce par les graminées en cas d'élimination totale
Les graminées	Scarification, pseudo-labour, fraissage ⇒ risque de régénération du tapis herbacé et du stock de graines insuffisamment enfouis
Les ligneux	⇒ sur sols acides et pauvres, risque de développement du genêt à balais

7. Prévention phytosanitaire

Dans certains cas, le travail du sol est conseillé pour lutter contre certains ravageurs.

Pathogènes	Hôtes	Dégâts	À faire
Hylobe <i>Hylobius abietis</i>	Préférentiellement sur souche de pin et d'épicéa	Ravageur des jeunes plants de douglas et de mélèze : morsures de l'écorce parfois jusqu'à annélation : mort du plant ou déformation	Fraissage des rémanents (surtout souches et racines)
Campagnols	Surtout feuillus	Dégâts sur les racines, le collet et le tronc	Labour : permet de supprimer les galeries
Pourriture des faines <i>Rhizoctonia solani</i>	Hêtre	Pourriture des faines	Scarification, pseudo-labour, fraissage : limite les attaques du champignon

Fiche technique REGE n°7

Les protections contre le gibier



1. Principes

Les dégâts de gibier sont souvent le résultat d'un déséquilibre entre le nombre d'animaux et la capacité d'accueil du milieu. Certains dégâts sont liés à l'alimentation tandis que d'autres sont de nature comportementale. Les conséquences portent sur le peuplement (dégâts aux plants, consommation des graines ou des semis naturels) et sur le milieu (diminution de la diversité végétale). Les dégâts occasionnés en particulier sur la régénération peuvent être à l'origine de retards de croissance, de défauts de forme pouvant nécessiter des tailles de formation ou de reboisements partiels coûteux (regarnissages). Dans les cas extrêmes, les régénérations peuvent être totalement compromises.

Différents facteurs influencent le niveau des populations d'animaux :

- o hivers cléments
- o nourrissage artificiel excessif
- o taux de prélèvement inadaptés
- o disponibilité alimentaire limitée dans les massifs à sous-étages pauvres ou absents

La sensibilité d'un peuplement au gibier dépend de l'essence, du stade de développement et des espèces de gibiers présentes. Un diagnostic préalable s'avère donc nécessaire avant toute intervention. Pour des raisons économiques, les moyens de lutte indirecte devraient être privilégiés avant d'envisager l'installation de protections.

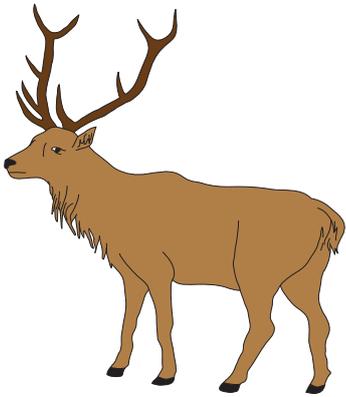
L'identification des espèces de gibier en cause est réalisée par l'observation d'indices de présence¹ : empreintes, excréments, types de dégâts sur la régénération ou la végétation.

2. Les cervidés

a. Généralités

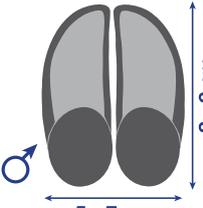
Les cervidés reprennent des mammifères ruminants portant des bois. Ils se nourrissent principalement d'herbacées mais aussi de bourgeons, de rameaux et d'écorces dans les périodes ou les milieux plus pauvres. Les espèces les plus problématiques sont le cerf et le chevreuil, principaux responsables des dégâts dans les régénérations. Le cerf Sika et le daim, nettement moins abondants, peuvent localement être mis en cause.

Cerf élaphe

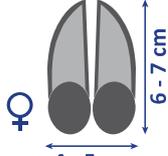


1,2 - 1,4 m

empreintes



♂
5 - 7 cm
8 - 9 cm



♀
4 - 5 cm
6 - 7 cm

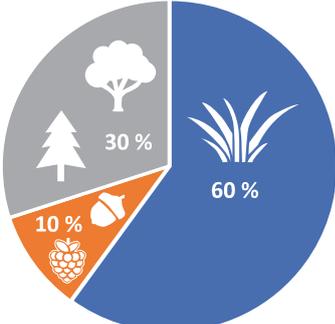
excréments





2 - 2,5 cm
1 - 2 cm

alimentation ²

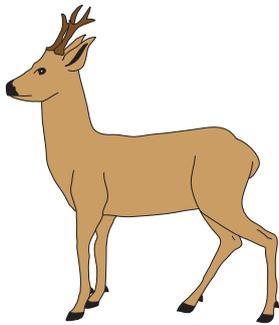



plantes sauvages


semi-ligneux et ligneux


fruits forestiers

Chevreuil



0,70 cm

empreintes



4 - 5 cm
2 - 3 cm

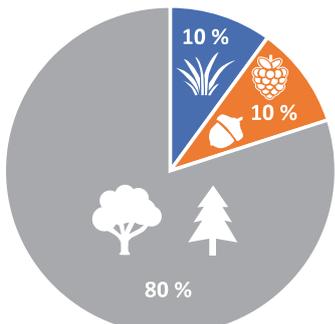
excréments





1 - 1,5 cm
0,7 - 1 cm

alimentation ²




plantes sauvages


semi-ligneux et ligneux


fruits forestiers

² Les données alimentaires reflètent une tendance générale. Elles ne prennent pas en compte le milieu ou les saisons

b. Dégâts

Abrouissement



Organes touchés et périodes sensibles

- semences, résineux → automne et hiver
- semis, pousses vertes → printemps et début d'été
- bourgeons terminaux et latéraux → printemps, automne et hiver

Aspect

- arraché ou déchiré, rameaux mâchonnés

Hauteur des dégâts

- < 110 cm pour le chevreuil
- < 200 cm pour le cerf

Contextes et essences sensibles

- plants de pépinière généralement plus sensibles car plus riches en minéraux et plus attractifs en part leur introduction
- chênes, érables, frêne, fruitiers, orme, saule, sapins, pins, épicéas et if

Conséquences

- croissance ralentie → plant restant longtemps à portée du gibier
- perte de dominance apicale → risque de fourche
- perte de l'entièreté des pousses et diminution de la croissance > 25% ou perte de l'entièreté des bourgeons et aiguilles des résineux sempervirents → mortalité du plant

Frottis



Organe touché

- tige principale des jeunes arbres

Aspect

- tige frottée d'un seul côté → dégât de frayure
- tige frottée sur le tour, cassée ou arrachée → dégâts de rut

Périodes sensibles

cerf	frayure	mi-juillet à mi-septembre
	rut	septembre à octobre
chevreuil	frayure	février à mai
	rut	mi-juillet à mi-août

Hauteur des dégâts

- 50- 100 cm pour le chevreuil
- 100- 200 cm pour le cerf

Contextes et essences sensibles

- peupliers, saules, érables, frêne, merisier, chêne rouge, sorbier des oiseleurs, douglas, mélèzes, pins et sapins
- jeunes plants et parfois baliveaux
- arbre à tige souple, écorce lisse, à branchaison haute et à odeur forte

Conséquences

- croissance ralentie → plant restant longtemps à portée du gibier
- dessèchement d'une partie du plant ou de l'entièreté, cassure → baisse de qualité technologique ou mort

Écorçage (uniquement cerf)



Organe touché	<ul style="list-style-type: none">• tronc
Aspect et périodes sensibles	<ul style="list-style-type: none">• en sève (été) → écorce arrachée en grands morceaux• hors sève (hiver) → écorce adhérente, traces de dents
Hauteur des dégâts	<ul style="list-style-type: none">• 30 à 200 cm
Contextes et essences sensibles	<ul style="list-style-type: none">• châtaignier, frêne, sorbiers, hêtre, peupliers, épicéas, douglas, pins et mélèzes• essences à écorce fine• arbre ayant commencé un élagage naturel• après un élagage artificiel de pénétration
Conséquences	<ul style="list-style-type: none">• croissance ralentie → plant restant longtemps à portée du gibier• affaiblissement de la résistance aux pathogènes → risque de pourritures• affaiblissement de la résistance mécanique → risque de cassure aux vents et à la neige• l'écorçage sur des arbres plus âgés est souvent plus dommageable que sur de jeunes individus.



Frottis

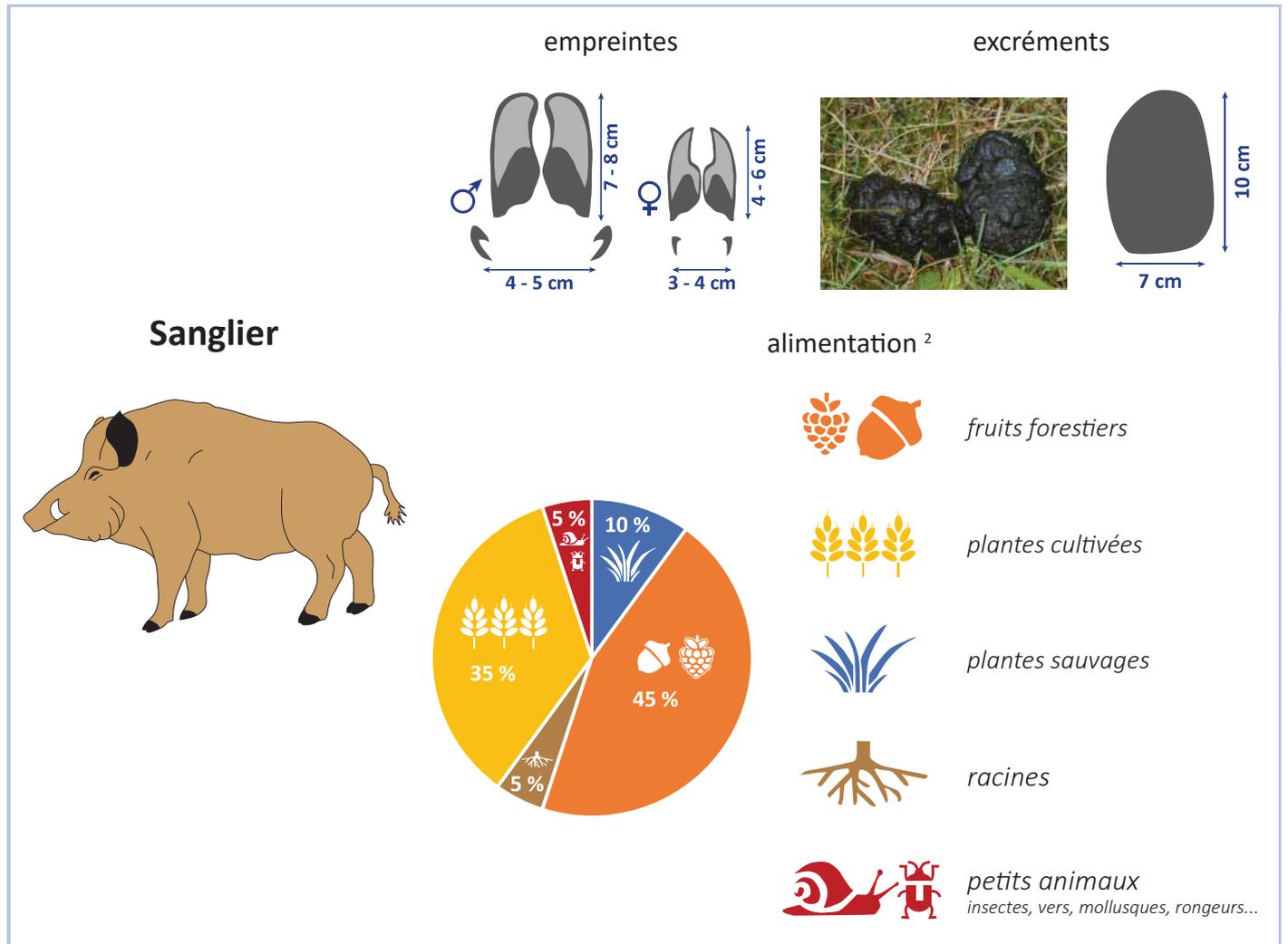


Écorçage

3. Le sanglier

a. Généralités

Le sanglier est un mammifère omnivore vivant au sein d'une compagnie. Il se déplace beaucoup et parfois en grand nombre. Les dégâts qu'il occasionne en forêt sont essentiellement liés à sa recherche de nourriture par fouissement dans le sol.



b. Dégâts

Déchaussement des plants



Organe touché	<ul style="list-style-type: none">• racines
Aspect	<ul style="list-style-type: none">• plant déraciné, renversé ou cassé
Périodes sensibles	<ul style="list-style-type: none">• après plantation ou travaux remuant la terre
Contextes et essences sensibles	<ul style="list-style-type: none">• toutes les essences• plantation récente (< 1 semaine jusqu'à 2 mois)• peu de risques de dégâts dans la régénération naturelle
Conséquences	<ul style="list-style-type: none">• dessèchement des racines → ralentissement de la croissance et risque de mortalité• consommation des racines → risque de mortalité du plant• cassure de la tige principale → mortalité du plant

Consommations

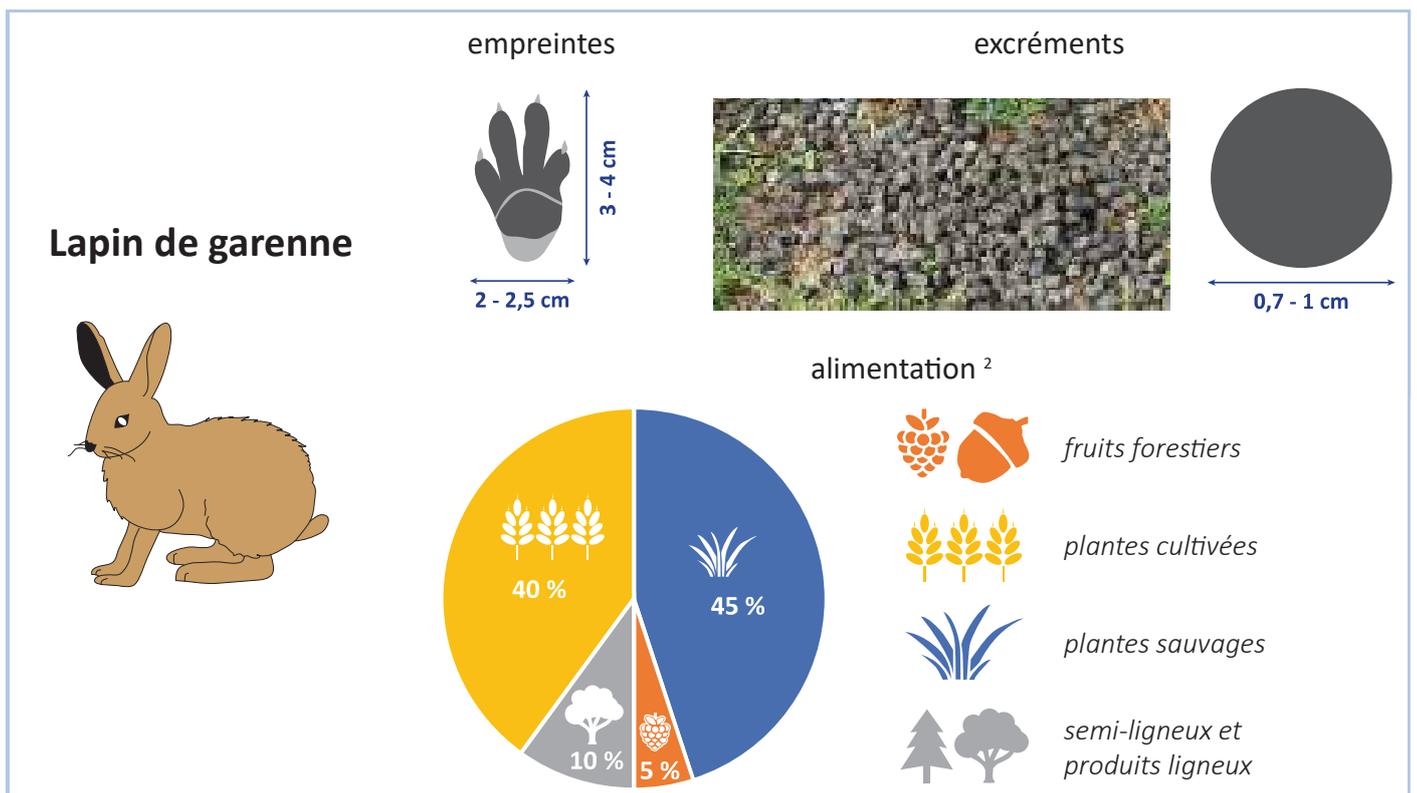
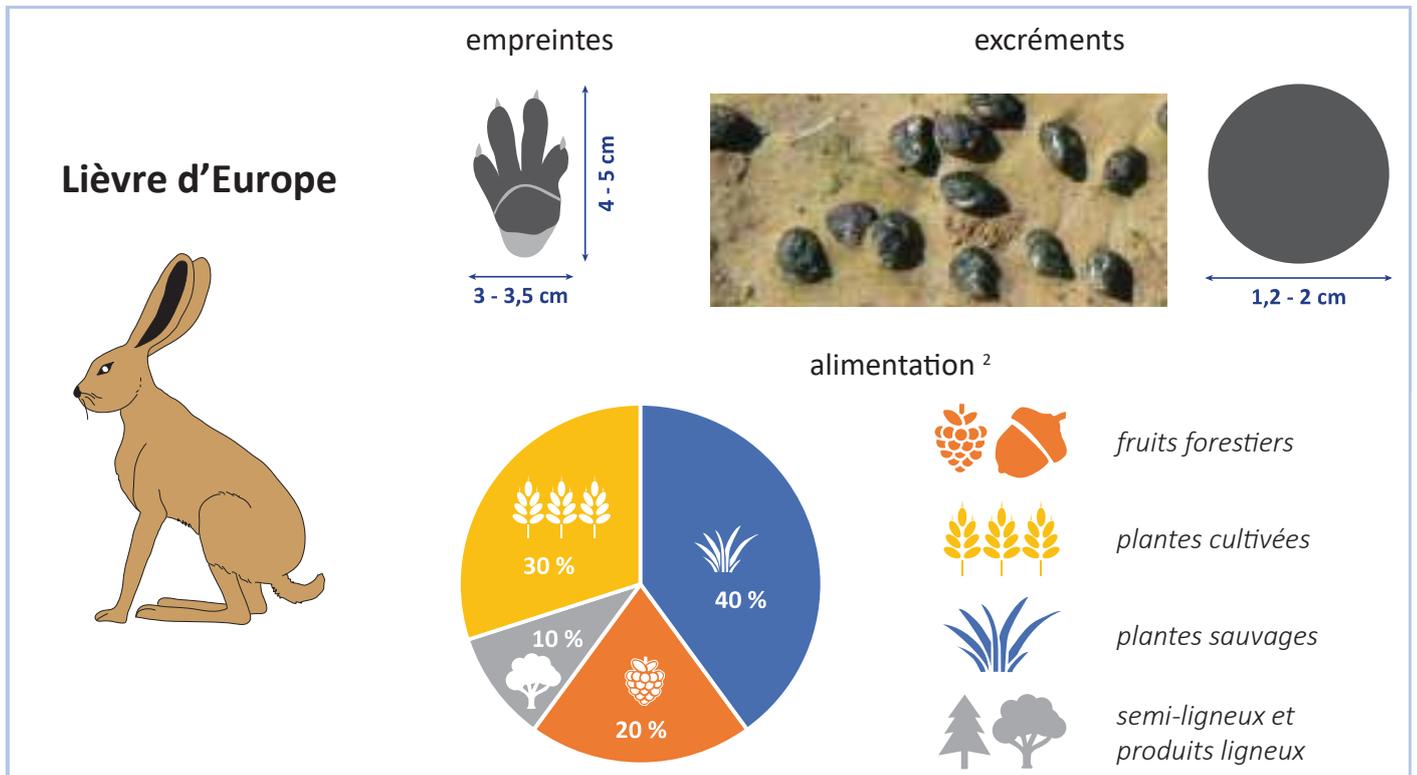


Organes touchés	<ul style="list-style-type: none">• semences, jeunes plantules
Aspect	<ul style="list-style-type: none">• pas ou peu de semences ou de plantules après une forte production des semenciers, sol pouvant être retourné
Périodes sensibles	<ul style="list-style-type: none">• après ensemencement artificiel ou après production de graines par les semenciers
Essences sensibles	<ul style="list-style-type: none">• glands (chêne) et faînes (hêtre)
Conséquences	<ul style="list-style-type: none">• régénération naturelle entravée ou bloquée

4. Les léporidés

a. Généralités

Les léporidés sont des mammifères lagomorphes, se distinguant des rongeurs principalement par leur dentition. Ils se nourrissent presque exclusivement de végétaux sauvages ou cultivés mais ils leur arrivent de compléter leur alimentation par des bourgeons, des rameaux ou de l'écorce dans les saisons plus pauvres en herbacées ou plus simplement pour user leurs incisives.



b. Dégâts

Abrouissement



Organes touchés et périodes sensibles	<ul style="list-style-type: none">• bourgeons, jeunes pousses et feuilles, en toutes saisons (principalement en hiver)
Aspect	<ul style="list-style-type: none">• coupe nette horizontale ou oblique
Hauteur des dégâts	<ul style="list-style-type: none">• lapin : < 60 cm• lièvre : < 70 cm
Essences sensibles	<ul style="list-style-type: none">• toutes les essences avec une préférence pour les feuillus
Conséquences	<ul style="list-style-type: none">• croissance ralentie → plant restant longtemps à portée du gibier• perte de dominance apicale → risque de fourche• sectionnement du plant au collet → mortalité du plant

Rongement



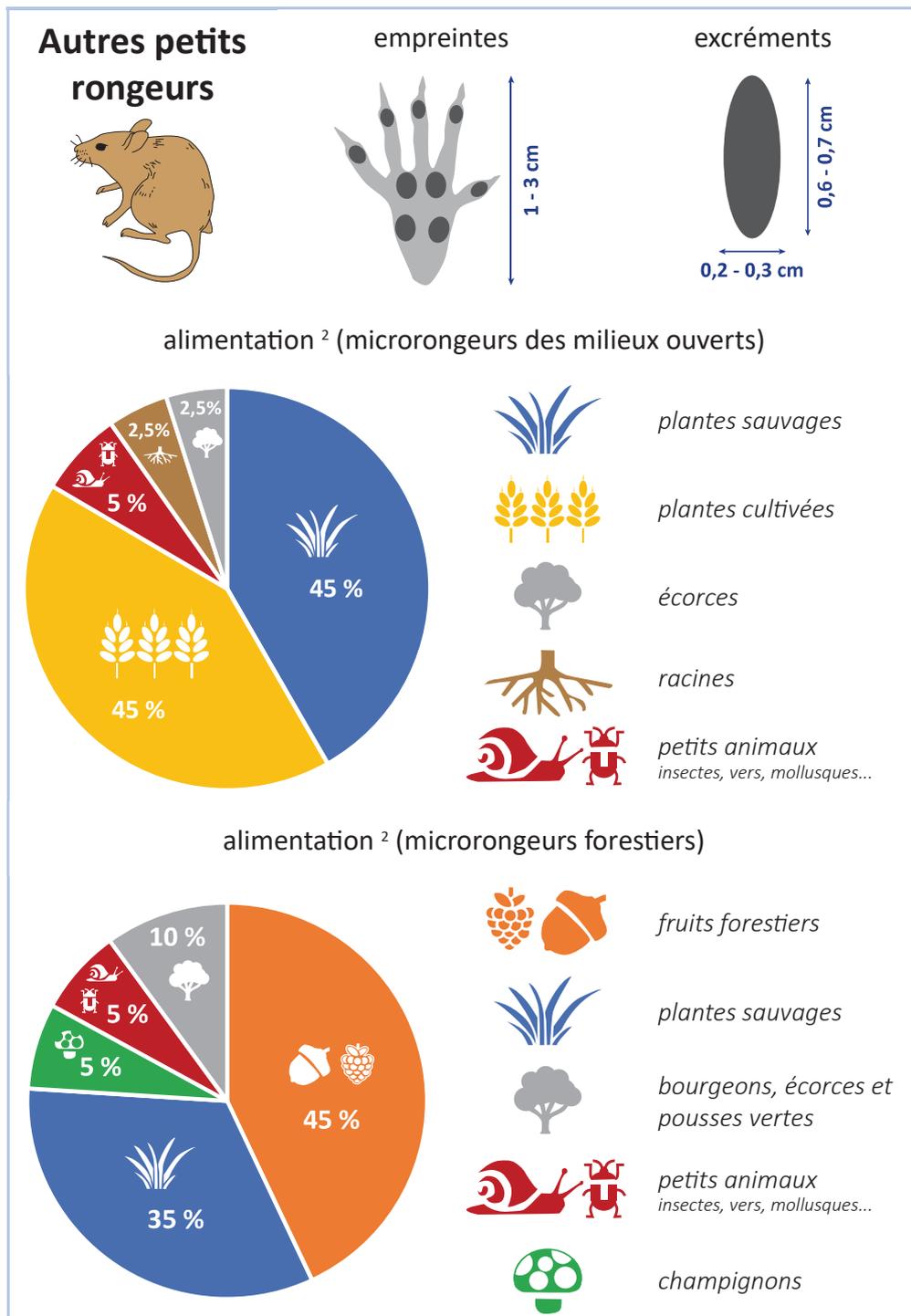
organes touchés	<ul style="list-style-type: none">• branches basses ou collet et base du tronc des jeunes arbres
aspect	<ul style="list-style-type: none">• blessures obliques avec souvent des traces des deux incisives > 3 mm
périodes sensibles	<ul style="list-style-type: none">• principalement en hiver
Essences sensibles	<ul style="list-style-type: none">• chênes, hêtre, merisier, frêne, peupliers, tremble et saule• les résineux sont moins touchés
Conséquences	<ul style="list-style-type: none">• croissance ralentie → plant restant longtemps à portée du gibier• dessèchement de la tige principale → mortalité du plant

5. Les microrongeurs

a. Généralités

Les microrongeurs regroupent principalement les campagnols et les mulots. On distingue les microrongeurs de milieux ouverts (champs, prairie, jeunes régénérations) et ceux des milieux forestiers.

Les dégâts les plus importants sur la régénération sont souvent causés par le premier groupe lors d'épisode de pullulation et/ou manque de ressource alimentaire. Les microrongeurs vivant en forêt causent moins de problèmes sur les plants puisqu'ils se nourrissent principalement de graines. Leurs populations sont également plus dispersées en raison de leur espace vital plus large.



b. Dégâts

Rongement



Organes touchés

- collet et base du tronc des jeunes arbres, branches, bourgeons ou racines

Aspect

- plant déstabilisé, blessure avec traces de deux incisives de 1 à 3 mm

Périodes sensibles

- principalement en hiver ou lors de pullulations

Essences sensibles

- surtout sur feuillus

Conséquences

- croissance ralentie → plant restant longtemps à portée du gibier
- dessèchement de la tige principale → mortalité du plant



La consommation de graines d'essences forestières pose rarement des problèmes. Les microrongeurs forestiers ont en effet plus tendance à favoriser leur dispersion par la constitution de réserves parfois perdues ou oubliées.

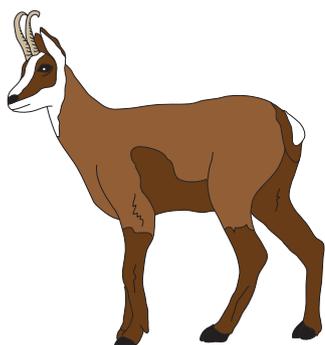


Pour plus d'information sur les rongeurs et leurs dégâts :
Dégâts de rongeurs en forêt : comment y remédier ? – F. Carouille et O. Baudet - 2006

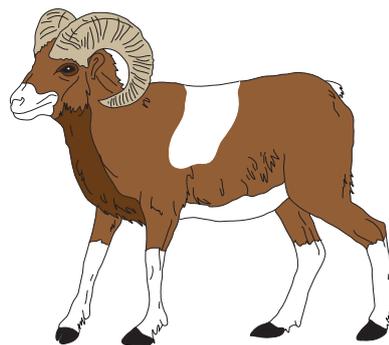
6. Autres animaux

Dans certaines zones, d'autres animaux peuvent causer des dégâts similaires à ceux cités plus haut. C'est le cas du chamois et du mouflon dans les zones montagneuses, mais leurs dégâts restent exceptionnels.

Chamois



Mouflon



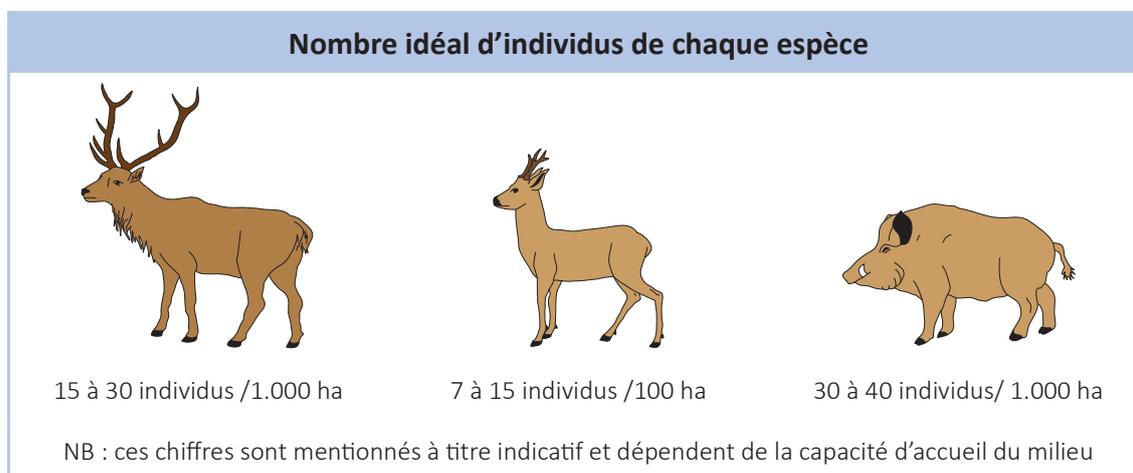
7. Lutte indirecte contre les dégâts de gibier

La lutte indirecte est un ensemble d'actions produisant leurs effets à court, moyen ou long terme. Elle consiste en l'application de méthodes visant à diminuer les populations de gibiers et/ou d'améliorer la capacité d'accueil du milieu afin de réduire leur pression sur la régénération. Les actions cynégétiques et sylvicoles vont souvent de concert pour réussir à rétablir un équilibre forêt-gibier.

a. Actions cynégétiques

L'amélioration des pratiques de chasse agit sur la **diminution de la surpopulation de gibier**. Plusieurs moyens peuvent être envisagés.

- o négocier avec les chasseurs une augmentation des prélèvements (plan de tir pour le cerf)
- o modifier ou ajouter des modes de chasse comme l'affût, l'approche, la chasse en régie (ou à licence) ou la poussée silencieuse qui permettent d'augmenter le nombre d'animaux prélevés
- o ne pas laisser de parcelles sans chasses au risque de voir une réserve à gibiers au sein des territoires chassés



b. Actions sylvicoles

Les mesures sylvicoles améliorent la **capacité d'accueil du milieu** en enrichissant les strates herbacées et arbustives servant de zone de gagnage pour le gibier. Ces sources de nourritures contribuent à une diminution des dégâts sur la régénération.

La mesure la plus efficace pour lutter contre un épisode de pullulation de microrongeurs est de reporter le reboisement. La surpopulation sera régulée naturellement par la prédation (rapaces, sangliers...) ou les maladies.

La mise en œuvre d'une sylviculture dynamique améliore la capacité d'accueil en forêt :

- **Maintien de trouées dans le peuplement**
Conserve des zones de nourritures et de refuges en ne replantant pas systématiquement l'ensemble des trouées naturelles.
- **Création ou maintien de jeunes gagnages ligneux**
Recépage tous les 2 à 3 ans pour produire de nouvelles pousses vertes et tendres appréciées par les cervidés.
- **Entretien des bords de route**
Fauchage permettant le maintien de zones enherbées.

- **Répartition des parcelles de renouvellements**

Fortes attractivités des régénérations, surtout dans les zones peu favorables au gibier.

- **Pratiquer des éclaircies régulières**

Apporte de la lumière au sol nécessaire au développement d'une végétation variée, augmentant la proposition alimentaire.



L'apport de lumière au sol a permis le développement d'une végétation, principalement de la myrtille

- **Création de cloisonnements sylvicoles**

La création d'une ouverture dans le peuplement favorise le développement d'une flore herbacée aisément accessible par la faune. Les cloisonnements facilitent les travaux sylvicoles et l'action du chasseur. Des cloisonnements d'une largeur supérieure à 2,5 m restent plus longtemps ouverts et prolongent donc l'offre alimentaire pour le gibier.

Un cloisonnement sylvicole recolonisé par la végétation



- **Maintien d'arbres écorcés**

Concentre les dégâts sur ces arbres pouvant être écorcés plusieurs fois par le cerf.

- **Dégagement partiel des plantations**

Limite l'accès au gibier, maintien une offre alimentaire ligneuse et fait profiter au plant d'un gainage naturel.

c. Actions supplémentaires

L'amélioration des conditions d'accueil de la faune doit être envisagé en parallèle à une bonne gestion des populations par la chasse :

- o maintien et entretien de zones de gagnage et clairières en forêt
- o conservation et entretien des zones humides et des mares intérieures

8. Lutte directe contre les dégâts de gibier

La lutte directe consiste à placer un obstacle entre le plant et le gibier. Il existe plusieurs catégories de protections : individuelles, répulsives et globales. Leur action est physique, olfactive, visuelle ou gustative.

Ce type de lutte n'agit pas sur le déséquilibre forêt-gibier. Elle sera donc nécessaire à chaque renouvellement. Des protections supplémentaires contre l'écorçage des arbres adultes pourraient également s'avérer utiles dans le cas de surpopulation de cerfs.

Les protections engendrent des surcoûts relativement importants à la régénération, pouvant aller jusqu'à en doubler le prix.



Gaines de protections individuelles (à gauche) et répulsif (à droite)

Protection globale

a. Outils d'aide à la décision

Le choix entre les protections individuelles (physiques et répulsives) et les protections globales est essentiellement économique. Les formules ci-dessous aident à mettre en évidence le type de protection le plus économique :

Comparaison protection globale et individuelle

$$IE = \frac{PG \times p}{PI \times n}$$

Si $IE > 1 \rightarrow$ protection individuelle plus économique
Si $IE < 1 \rightarrow$ protection globale plus économique

Comparaison protection individuelle et répulsive

$$IE = \frac{PI \times n}{PR \times n \times a}$$

Si $IE > 1 \rightarrow$ protection répulsive plus économique
Si $IE < 1 \rightarrow$ protection individuelle plus économique

IE	indice économique	
PG	coût de la protection globale	par mètre linéaire
p	périmètre de la zone à protéger	en mètre
PI	coût de la protection individuelle	par plant
n	nombre de plants à protéger	
PR	coût de la protection répulsive	par plant
a	nombre d'année de traitement	

b. Tableaux récapitulatifs des protections

Le choix de la protection individuelle totale se décide en fonction de l'essence régénérée :

Essences		Type de gaine	Diamètre de la gaine
Résineux	Autres résineux	• Gains à grandes mailles	30 – 33 cm
	Mélèze et douglas	• Gains à petites mailles • Tubes abri-serre	20 – 25 cm
Feuillus	Hêtre	• Gains à petites mailles ou mixtes (< 3mm) • Tube abri-serre	
	Chêne et cormier	• Gains à petites mailles ou mixtes	10 – 15 cm
	Autres feuillus	• Tube abri-serre	

Les protections individuelles et globales doivent être adaptées au gibier et ses dégâts :

Gibier	Dégâts	Protections individuelles			Protection globales
		partielles	totales	répulsives	
Cerf	Abrouissement	• Manchon cactus • Couple de tuteur	<ul style="list-style-type: none"> Grammage : moyen à très lourd Hauteur : minimum 180 cm 	<ul style="list-style-type: none"> Laine de mouton Trico® Anromag® Sapu 2010® Certosan® Wildgranix® Peinture de marquage Stop gibier plus® 	<ul style="list-style-type: none"> Engrillagement lourd de 200 cm de hauteur, à grandes mailles Clôture électrique à 5 fils Palissade bois de 200 cm de hauteur
	Frottis	• Manchon anti-frottis • Arbre de fer • Couple de tuteur • Mailles extensibles (grandes mailles)			
	Écorçage	• Mailles extensibles (grandes mailles) • Wöbra			
Chevreuil	Abrouissement	• Manchon cactus • Couple de tuteur	<ul style="list-style-type: none"> Grammage : léger renforcé à lourd, Hauteur : minimum 120 cm 	<ul style="list-style-type: none"> Laine de mouton Trico® Anromag® Sapu 2010® Certosan® Wildgranix® Peinture de marquage Stop gibier plus® 	<ul style="list-style-type: none"> Engrillagement léger de 150 cm de hauteur, à grandes mailles Clôture électrique à 4 fils Palissade bois de 150 cm de hauteur
	Frottis	• Manchon anti-frottis • Arbre de fer • Couple de tuteur • Manchon fendu • Mailles extensibles (petites mailles)			
Sanglier	Déchaussement	/		<ul style="list-style-type: none"> Sapu 2010® Wildgranix® Ferti3H® Sapic® 	<ul style="list-style-type: none"> Engrillagement lourd de 140 cm de hauteur et 30 cm enterré, à grandes mailles Clôture électrique à 2 fils
	Consommation				
Léporidés	Abrouissement	• Manchon cactus	<ul style="list-style-type: none"> Grammage : très léger à léger Hauteur : 60 cm (lièvre), 50 cm (lapin et microrongeurs) 	<ul style="list-style-type: none"> Sapu 2010® Certosan® Peinture de marquage 	<ul style="list-style-type: none"> Engrillagement léger de 100 cm de hauteur et 30 cm enterré, à petites mailles ou hexagonales Clôture électrique à 3 fils
	Rongement	• Manchon fendu • Wöbra • Spirale • Manchon extensible			
Microrongeurs	Rongement	• Wöbra (lutte préventive plus efficace, voir actions sylvicoles)			

c. Protections individuelles physiques

Ce type de protection agit comme une barrière physique entre le gibier et la ou les parties du plant susceptible(s) de subir des dégâts. Chaque plant doit être protégé individuellement. Le choix de la protection est presque essentiellement déterminé par le gibier et l'essence renouvelée.

Avantages

- n'entrave pas la circulation du gibier
- aide au repérage des plants lors des dégagements
- réutilisation possible de certaines protections

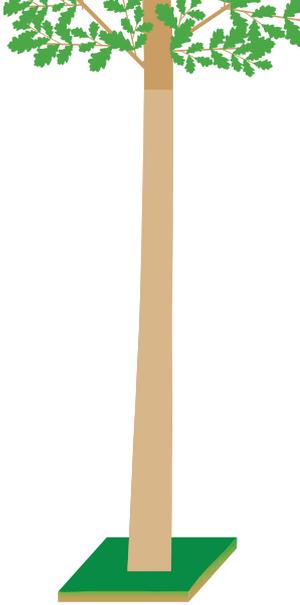
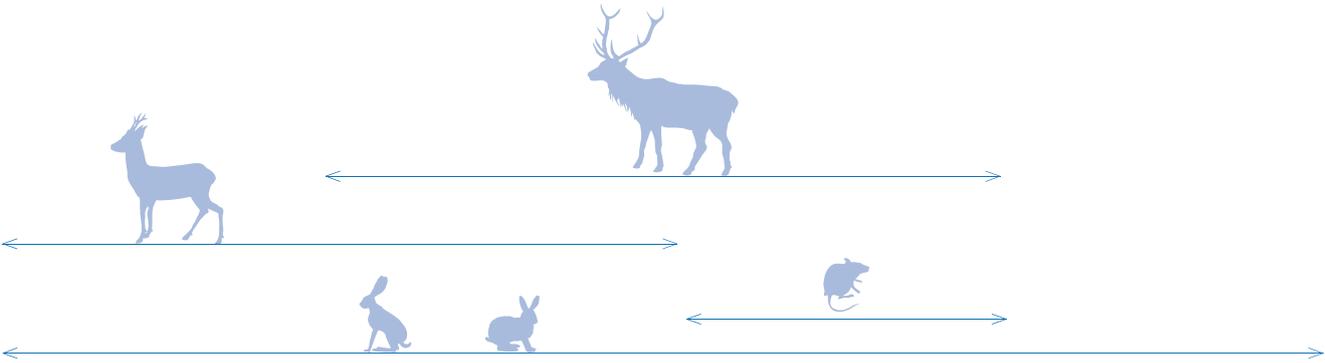
Inconvénients

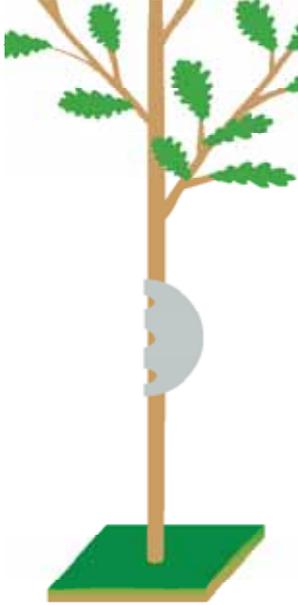
- dégagement autour du plant pouvant être difficile à réaliser : risque d'abimer la protection avec les outils de dégagement
- coût élevé pour les plantations denses
- risque de déformation des plants ou incrustation de la protection dans le plant
- surveillance régulière nécessaire
- risque d'échauffement du tronc ou d'apparition de nécrose de l'écorce des essences à écorces fines, en cas de contact de la protection avec le plant
- peut constituer une pollution environnementale : due aux matériaux ou à l'abandon des protections sur la parcelle
- dépose souvent obligatoire
- impact paysager



Protections partielles

Ces protections agissent contre un ou deux types de dégâts simultanément.

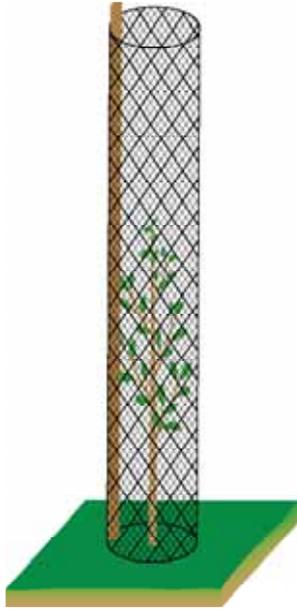
Produit	<p>Manchon fendu</p> 	<p>Manchon à mailles extensibles</p> 	<p>Wöbra®</p> 	<p>Spirale</p> 
Description	<p>Manchon en plastique semi-rigide avec une ouverture longitudinale</p>	<p>Manchon en plastique élastique extensible à grandes (cerf) ou petites mailles (chevreuil et léporidés)</p>	<p>Enduit blanc à base de sable siliceux</p>	<p>Manchon en spirale plastique rigide à semi-rigide</p>
Application	<p>Par enroulement autour du tronc</p>	<p>Par enroulement autour du plant et agrafage</p>	<p>Par badigeonnage 2,5 arbres/kg</p>	<p>Par enroulement autour du tronc</p>
Durabilité	<p>5 à 7 ans</p>	<p>6 à 10 ans</p>	<p>10 ans</p>	<p>Réutilisable ± 2 ans</p>
Adapté				

Produit	<p>Manchon cactus</p> 	<p>Manchon anti-frottis</p> 	<p>Arbre de fer</p> 	<p>Couple de tuteur</p> 
Description	<p>Manchon en plastique avec des excroissances piquantes, bleues ou oranges</p>	<p>Disque en métal plié en deux disposant de trous pour l'aération</p>	<p>Arbre métallique</p>	<p>Tuteurs en bois</p>
Application	<p>Disposer sur la tige principale sous le bourgeon apical (tige devant le bourgeon)</p>	<p>Disposer sur la tige principale à 30-40 cm de hauteur</p>	<p>Planter à quelques centimètres du tronc (disposer préalablement les « rameaux » dans toutes les directions)</p>	<p>Autour du plant</p>
Durabilité	<p>Réutilisable 10 à 15 ans</p>	<p>Réutilisable</p>	<p>Réutilisable</p>	<p>5 à 10 ans (dépend du bois utilisé)</p>
Adapté				

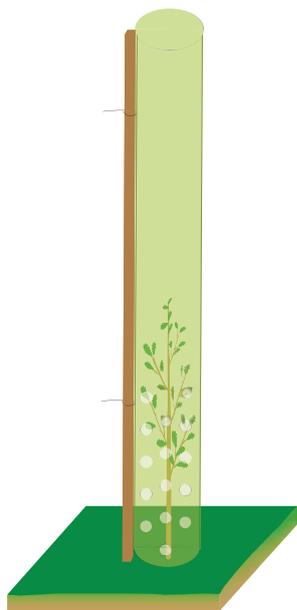
Les protections totales

Elles protègent l'ensemble du plant contre tous les dégâts

Gaines à mailles



Gaines abri-serre



Les caractéristiques des protections individuelles

→ Matières

Les protections peuvent être réalisées en métal, en plastique ou en matériaux naturels. Le choix du matériau conditionne leur longévité dans le temps, la nécessité de dépose et leur dangerosité pour l'environnement. Pour être hors de danger face aux dégâts, les plants doivent être protégés en moyenne pendant 6 ans en fonction du gibier, de la croissance du plant et de la végétation d'accompagnement.

Matériau	Métal	PP (polypropylène)	PE (polyéthylène)	Naturel (bois, amidon de maïs ou de pomme de terre)
Durabilité	<ul style="list-style-type: none"> très durable 	<ul style="list-style-type: none"> > 4 ans (en fonction du grammage et du traitement UV) 	<ul style="list-style-type: none"> de 5 à 7 ans (selon grammage et du traitement UV) 	<ul style="list-style-type: none"> Plastiques végétaux : 18 mois – 3 ans Bois : > 5 ans
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> souvent réutilisable 	<ul style="list-style-type: none"> moins cher que le PE ne blesse pas l'écorce (à privilégier en protections partielles) réutilisation envisageable (sauf pour les gaines car découpées à la dépose) chimiquement inerte et recyclable 	<ul style="list-style-type: none"> élasticité et résistance se casse en s'étirant réutilisation envisageable (sauf pour les gaines car découpées à la dépose) chimiquement inerte 	<ul style="list-style-type: none"> pas de dépose (sauf attache métallique) réutilisation envisageable
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> coût important s'écrase sans reprendre sa forme déforme fortement les rameaux blesse la tige par frottement dépose obligatoire 	<ul style="list-style-type: none"> plus sensible à l'oxydation que le PE et aux basses températures, le rendant cassant sa grande rigidité peut empêcher son extension dépose obligatoire 	<ul style="list-style-type: none"> coût plus élevé marque l'écorce fine malgré son déchirement dépose obligatoire 	<ul style="list-style-type: none"> base se dégradant la première année exposant le plant aux dégâts des rongeurs stockage difficile des plastiques végétaux coût plus élevé

→ Hauteur des protections

La hauteur de la protection doit être adaptée au gibier présent. Elle doit être supérieure à la hauteur des dégâts.

Gibier	cerf	chevreuil	lièvre	lapin et microrongeurs
Hauteur standard	180 cm	120 cm	60 cm	50 cm
Hauteur en forte densité	200 cm	150 m		

→ Grammage des mailles

Le grammage conditionne la résistance de la protection, plus il est élevé, plus la protection sera résistante à la déchirure, augmentant aussi la vigilance nécessaire vis-à-vis du plant. Il est dicté par le nombre de fil, leur grosseur et l'éventuelle présence de fils de renfort. Le grammage est à adapter aux gibiers.

Catégorie	Très léger	Léger	Moyen	Lourd	Très lourd
Grammage	≤ 150 g/m ²	200 – 250 g/m ² (renforcé pour le chevreuil)	250 – 350 g/m ²	400 – 500 g/m ²	> 500 g/m ² (agroforesterie)
Adapté					

Conversion des grammages : mètre linéaire (g/ml) en mètre carré g/m²

$$G = \frac{g}{\frac{\pi \times \varnothing}{100}}$$

G = grammage en mètre carré

g = grammage en mètre linéaire

∅ = diamètre de la protection en cm

π = 3,14

→ Diamètre de la protection

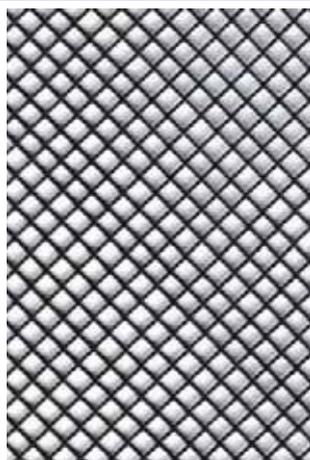
Le diamètre est essentiellement déterminé par l'essence régénérée.

10 – 15 cm	14 – 15 cm	20 – 25 cm	30 – 33 cm
Peuplier	Feuillus précieux	Feuillus à fort développement latéral (chêne, hêtre, noyer, cormier) et résineux à forte croissance (douglas et mélèze)	Autres résineux

→ Tailles des mailles

Petites mailles

≤ 4 mm



Les protections à **petites mailles** contiennent l'ensemble du plant à l'intérieur de la protection, empêchant les rameaux d'en sortir. Elles ont pour avantages de protéger tous les bourgeons de l'abrouissement et de favoriser un microclimat coupe-vent, protégeant également du soleil. Mais elles peuvent occasionner des dégâts aux plants en déformant les jeunes pousses si la protection est trop étroite. De plus, l'aération peut être insuffisante et favoriser l'apparition de pourriture ou de ravageurs. Ce type de maille est à privilégier pour les plants feuillus et les résineux à croissance rapide et branches souples (**mélèze et douglas**).

Grandes et très grandes mailles

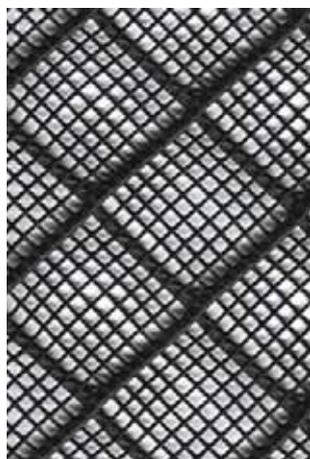
5 – 15 mm
et ≥ 15 mm



Les protections à **grandes mailles** et à **très grandes mailles** laissent passer les rameaux et les tiges. Les protections à très grandes mailles sur des petits plants feuillus, même à forte dominance apicale, risquent de créer des déformations et de l'abrouissement sur la tige principale. Ces dernières sont à réserver pour les résineux contre les cervidés dans des plantations à faible densité d'essences sensibles, de grands feuillus ou d'arbres fruitiers.

Mailles mixtes

2– 3 mm
et 1– 3 cm



Les protections à **mailles mixtes** accumulent les avantages de contenance des rameaux des petites mailles et de la rigidité des grandes mailles. Elles sont particulièrement conseillées contre le cerf et les fortes densités de chevreuils.

Tubesabri-serres



Les tubes **abri-serres** sont des tubes pleins comportant des perforations. Ils favorisent un microclimat propice à la croissance des plants. Mais cette concentration de chaleur et d'humidité peut également favoriser les ravageurs et l'échauffement du tronc.

→ Installation des protections individuelles totales

Lors de l'installation, les gaines nécessitent d'être ancrées par un ou plusieurs tuteurs afin d'assurer leurs stabilités et leurs durabilités. La durée de vie des tuteurs dépend de leur épaisseur, leur nature mais aussi des conditions pédologique et climatique de la parcelle.

Matériau	Métallique Fer à béton	Bambou	Fibre de verre	Échalas	
				Châtaignier (section triangulaire ou rectangulaire)	Robinier (section rectangulaire)
Durabilité	> 10 ans	1 – 3 ans	> 15 ans	3 – 5 ans	5 – 7 ans
Protections adaptées	<ul style="list-style-type: none"> manchons légers contre le lapin et le lièvre chantier pierreux ou venteux peu adaptée en forêt (dangerosité) 	<ul style="list-style-type: none"> manchons légers contre le lapin et le lièvre en complément des échalas sur les parcelles venteuses 	<ul style="list-style-type: none"> manchons légers contre le lapin et le lièvre chantier pierreux ou venteux 	<ul style="list-style-type: none"> toutes 	<ul style="list-style-type: none"> toutes
Fixation	<ul style="list-style-type: none"> extrémité en crosse retenant la protection 	<ul style="list-style-type: none"> par tension avec la protection 	<ul style="list-style-type: none"> par tension avec la protection ou par collier de serrage 	<ul style="list-style-type: none"> par agrafage ou collier de serrage 	<ul style="list-style-type: none"> par agrafage ou collier de serrage
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> fin et robuste réutilisable empêche le soulèvement de la gaine (extrémité en crosse) 	<ul style="list-style-type: none"> peu onéreux 	<ul style="list-style-type: none"> durabilité très longue stockage aisé repérage plus aisé des plants grâce à la couleur réutilisable 	<ul style="list-style-type: none"> bonne résistance aux ravageurs 	<ul style="list-style-type: none"> plus résistant au coup de marteau et à la flexion bonne résistance aux intempéries
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> dépose obligatoire dangereux en forêt pour la mécanisation si non déposé 	<ul style="list-style-type: none"> peu durable dans le temps 	<ul style="list-style-type: none"> dépose obligatoire onéreux 	<ul style="list-style-type: none"> dégradation rapide aux intempéries risques de casser à la base et d'entraîner la protection et le plant nécessite d'être écorcé pour lutter contre la maladie du chancre 	<ul style="list-style-type: none"> approvisionnement local difficile à trouver

Les piquets de bois sont utilisés comme support aux clôtures, aux lattes de bois ou aux fils barbelés.

Les tuteurs en bois de forte section sont conseillés pour assurer une durabilité suffisamment longue pour ne pas devoir les remplacer. La taille du tuteur dépendra de la hauteur de la protection et de la nature du sol dans lequel il sera enfoncé. Dans les sols travaillés, la profondeur d'enfoncement du tuteur pourra atteindre 50 cm pour garantir sa stabilité.

Le nombre et le type de tuteurs requis sont souvent renseignés chez les fournisseurs de la protection.

Précautions d'usages

Il est fortement conseillé de surveiller les protections individuelles au cours des premières années, pendant 6 ans environ. Une visite annuelle est recommandée pour s'assurer de la bonne tenue des protections, de préférence en fin de printemps ou en été. Cette surveillance vise à :

- o contrôler l'efficacité
- o vérifier la bonne tenue (état général des protections et des tuteurs éventuels)
- o remplacer les tuteurs ou protections abimés
- o dans le cas des manchons cactus, les remonter sur la tige principale afin d'assurer leur rôle de protection du bourgeon terminal

La majorité des protections nécessite d'être déposée, c'est-à-dire démontée et recyclée ou entreposée en attendant le prochain renouvellement. Les gaines sont découpées pour la dépose.



Il est important de ne pas laisser les protections sur la parcelle forestière. Celle-ci constitue une pollution de l'environnement dans le cas de protections non-biodégradables ; cette pratique est d'ailleurs interdite.

Précautions particulières à prendre lors de la pose des gaines :

- o au moins un tuteur dans le sens des vents dominants pour un bon maintien de la protection (également valable pour les tubes abri-serre)
- o agrafage réalisé sur le pli pour forcer l'ouverture de la protection
- o réalisation d'un ourlet au-dessus de la gaine pour maintenir son ouverture



Pour plus d'information sur les protections individuelles physiques consulter
Protéger les arbres contre les dégâts du gibier : les manchons grillagés
Philippe Van Lerberghe, 10/2014, Editeur : IDF

d. Protection répulsive

Ce type de protection agit sur le goût, l'odorat ou la vue du gibier. Certains répulsifs opèrent sur plusieurs sens simultanément.

Le panel de produits répulsifs est varié et il est régulièrement approvisionné par des nouveautés. La liste présentée ci-dessous n'est pas exhaustive.

La plupart des répulsifs ont une durée de vie relativement courte (de 3 semaines à 6 mois). Ils sont prévus pour agir uniquement durant la période de risque de dégâts critiques (voir tableaux des dégâts de chaque gibier).

Avantages

- faible coût des produits appliqués par aspersion
- n'entrave pas la circulation du gibier
- grand rayon d'action (diffusion aérienne autour de la cible)
- pouvant combiner un effet répulsif avec un engrais
- par la couleur, aide au repérage des plants
- ne nécessite pas de dépose (produits biodégradables)
- pas de risque pour les plants

Inconvénients

- durée d'action souvent courte
- risque d'accoutumance du gibier
- peut-être gênant pour d'autres animaux ou pour l'homme
- non réutilisable
- certains produits nécessitent la possession d'une Phytolicense (Belgique), un Certiphyto (France) ou le Sachkundenachweis- SKN (Allemagne)



Peinture de marquage SEMA® bleu



Laine de mouton

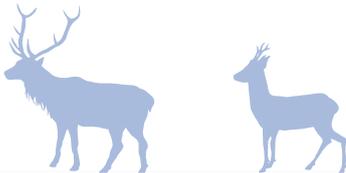


Trico®

Les répulsifs à base de graisse ou de laine de mouton

Issus de matières naturelles produites par le mouton, ces produits dérangent les cervidés par leur odeur et leur goût.

La laine de mouton est utilisée sans traitement préalable. La matière première a pour avantage d'être peu couteuse mais doit être remplacée plusieurs fois la même année. De surcroit, certaines précautions doivent être prises pour éviter l'étranglement des tiges. Le Trico® agit sur le même principe que la laine. Sous forme liquide, il est plus facile d'application et plus rémanent. L'Anromag® est plus concentré en substance active. Une application sur un piquet ou une cordelette permet de protéger plusieurs plants simultanément.

Produit	Laine de mouton	Trico®	Anromag®
Description	produit brut non traité et non lavé	produit à base de graisse de mouton	produit à base de graisse de mouton
Application	à la main sans enrouler la laine autour des rameaux sur chaque plant	par pulvérisation sur le plant de préférence après débourrement sur chaque plant 250 plants/l	planter les piquets ou déposer la ficelle sur le plants 100 m ² /piquet 1 ficelle tous les 2 ou 3 plants
Durabilité	2 à 5 mois	± 4 mois (pur)	/
Adapté			

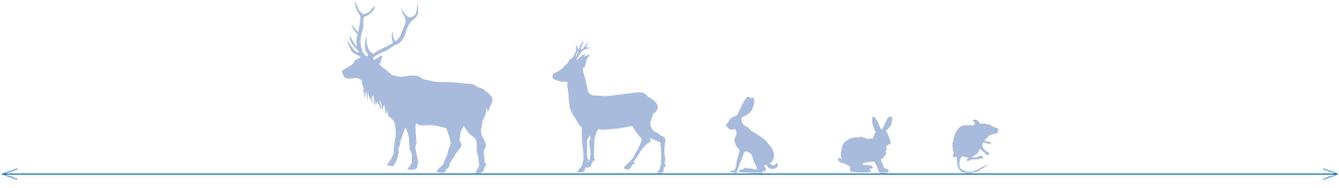
Les répulsifs-engrais organo-minéraux

Sous forme liquide ou en granulés, les répulsifs-engrais ont pour avantage de cumuler une protection contre le gibier et une source de fertilisation pour les plants. Certains produits disposent d'un plus large spectre de protection que d'autres.

Produit	Certosan®	Sapu 2010®	Wildgranix®	Ferti 3H®
Description	poudre biologique mouillable à base de farine de sang odorante	répulsif liquide dégageant une forte odeur	granulés diffusant différentes odeurs en fonction du temps évitant l'accoutumance	granulés à base de lisier de porc
Application	par badigeonnage, pulvérisation ou trempage à sec ou sur plant humide	par pulvérisation au pied du plant (existe en pastilles : Sapubilles) 2500 m ³ /l	à la volée ± 50 m ² /kg	dépôt au pied du plant 30 à 60m ² /kg
Durabilité	6 à 8 semaines (été) 4 à 6 mois (hiver)	± 3 semaines	3 à 5 semaines	plusieurs mois
Adapté				

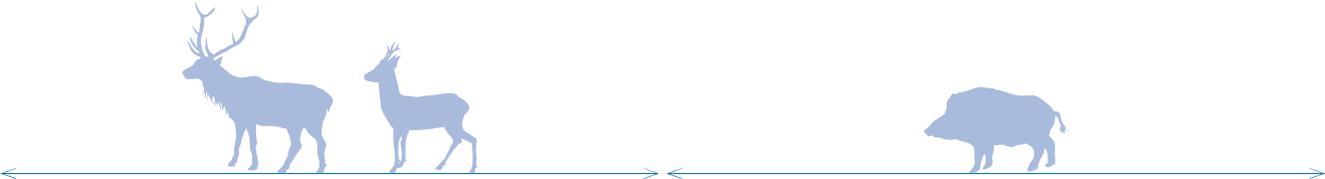
Les peintures de marquage et les répulsifs visuels

Certaines peintures forestières permettent le marquage des arbres et les protègent grâce aux substances amérissantes qu'elles contiennent. Les couleurs telles que le bleu ou le rose sont supposées agir comme répulsif visuel.

	Peinture de marquage SEMA®		Wöbra®
Produit			
Description	peinture de marquage bleu	peinture de marquage blanche	enduit blanc à base de sable siliceux
Application	par pulvérisation ou badigeonnage sur le plant ±125 plants/l	par pulvérisation ou badigeonnage sur le plant ±125 plants/l	par badigeonnage 2,5 arbres/kg
Durabilité	1 an	1 an	10 ans
Adapté			

Les répulsifs à base d'huile de poisson

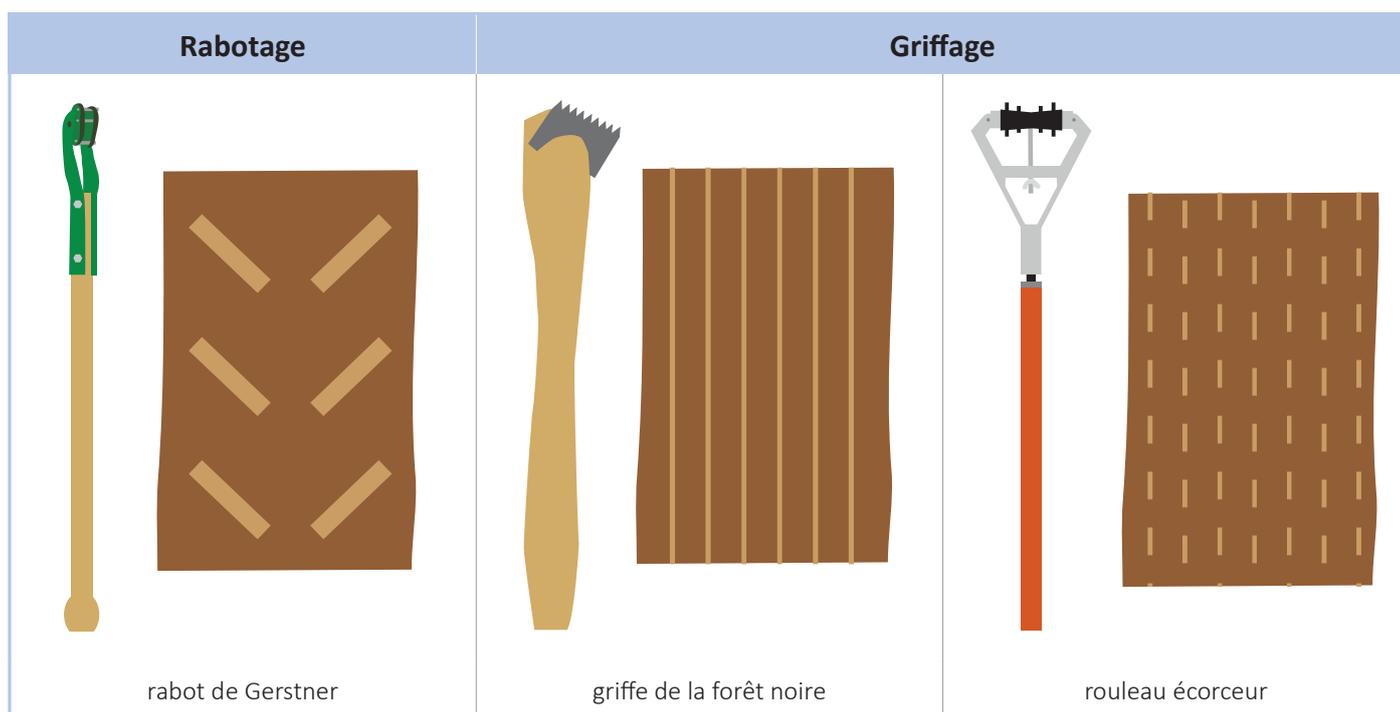
L'huile de poisson est un répulsif pour les cervidés mais présente par ailleurs un fort pouvoir attractif vis à vis des sangliers. Le produit Sapic utilise cette attirance des sangliers pour les inciter à consommer les pastilles.

Produit	<p style="text-align: center;">STOP gibier plus®</p> 	<p style="text-align: center;">Sapic®</p> 
Description	produit dégoûtant le gibier par son goût et son odeur	pastilles dont l'absorption provoque des brûlures et une forte salivation
Application	<p style="text-align: center;">par pulvérisation ou badigeonnage</p> <p style="text-align: center;">± 300 plants/l</p>	<p style="text-align: center;">à la volée</p> <p style="text-align: center;">± 500m²/kg</p>
Durabilité	± 6 mois	<p style="text-align: center;">5 à 10 semaines (temps sec)</p> <p style="text-align: center;">quelques jours (temps humides)</p>
Adapté		

Le répulsif par réaction physiologique de l'arbre

Le rabotage et le griffage se pratiquent sur les résineux au stade de **bas perchis** après élagage de pénétration, uniquement pour prévenir les dégâts d'écorçage du cerf. Ils consistent à blesser superficiellement le tronc, provoquant des suintements de résine et un vieillissement prématuré de l'écorce. L'odeur de la résine agit comme un répulsif et l'épaississement de l'écorce supprime son appétence.

Ces techniques se réalisent à la main à raison d'un rendement de 100 à 300 arbres/jour. Les effets durent toute la vie de l'arbre. La mise en œuvre nécessite toutefois une certaine habitude pour être efficace et non dommageable pour l'arbre.



Précautions d'usages

Il est fortement conseillé de surveiller les protections répulsives tout au long de leur période d'action. Cette surveillance vise à :

- o vérifier leur efficacité
- o constater leur vitesse de dégradation afin de déterminer si une nouvelle application est nécessaire
- o dans le cas de la laine de mouton, vérifier si elle n'étrangle pas les rameaux ou la tige principale du plant

La majorité des répulsifs sont biodégradables et ne nécessitent donc pas de dépose.

e. Protection globale

Les protections globales sont des clôtures grillagées, électriques ou en palissade bois empêchant le gibier de circuler sur la parcelle de renouvellement. Les animaux ne pouvant pas atteindre les plants, leur protection est totale. Le principal inconvénient de ce système est qu'il soustrait une partie du territoire vital à l'espèce de gibier, en particulier le cerf. Par conséquent, la pression des populations se concentre davantage sur les parcelles adjacentes, accentuant le risque de dégâts sur ces dernières. Ce type de protection doit rester exceptionnel.

On distingue 3 types de clôtures : la clôture métallique, la clôture électrifiée et la palissade en bois.

Avantages

- traite l'ensemble des dégâts
- plus économique pour les grandes parcelles et/ou à densité de plantation élevée
- barrière physique durable
- sans danger pour les arbres
- protection contre le cerf plus efficace que la protection individuelle physique

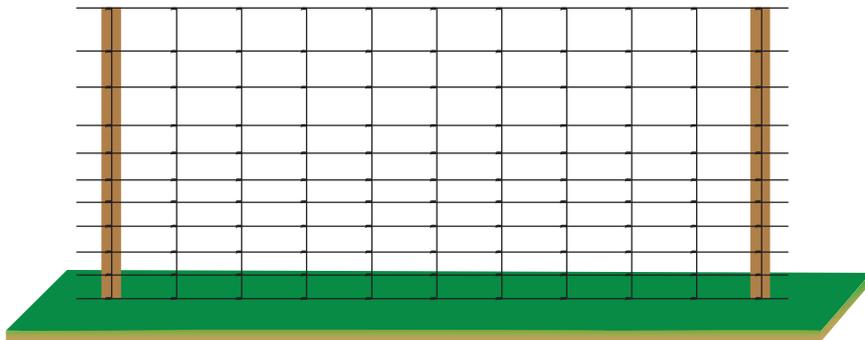
Inconvénients

- coût important pour des petites surfaces et à faible densité
- entrave la circulation du gibier
- entrave ou interdit l'accès du gibier à une source de nourriture
- intensification indirecte des dégâts du gibier en dehors de l'enclos
- fractionnement du territoire
- obstacle parfois mal accepté par les riverains et promeneurs
- surveillance régulière pour éviter le passage d'animaux se laissant enfermer dans l'enclos
- nécessité d'un terrain relativement plat pour une protection optimale

L'engrillagement

L'engrillagement est un dispositif mécanique empêchant l'accès à la parcelle de régénération. Il est surtout utilisé pour protéger des régénérations naturelles ou artificielles sensibles aux dégâts du cerf. La clôture est constituée d'un grillage métallique maintenu à l'aide de piquets en bois. Il convient d'en adapter la hauteur, la taille des mailles et la dimension du fil au type de gibier visé.

Gibier	Mailles	Hauteur	Type
Cerf	Grandes mailles (> 36 mm)	200 cm	Grillage lourd Ø = 2 à 3 mm
Chevreuil		150 cm	Grillage léger Ø = 1 mm
Sanglier		140 cm + partie enterrée ou rabattue au sol supplémentaire : 30 cm	Grillage lourd Ø = 2 à 3 mm
Léporidés	Mailles hexagonales et petites mailles (≤ 36 mm)	100 cm + partie enterrée ou rabattue au sol supplémentaire : 30 cm	Grillage léger Ø = 1 mm



Le grillage à mailles progressives permet de faire obstacle au grand et au petit gibier

Le soutien du grillage se fait par des piquets. Leur longueur est déterminée par la hauteur du grillage. Pour un meilleur maintien, les piquets doivent être enfoncés de 30 à 50 cm pour éviter le basculement du dispositif.

Le matériau des piquets doit être de qualité pour assurer une durabilité suffisante et assurer une stabilité du dispositif.

Matériau	Piquet rond écorcé en robinier	Piquet fendu en châtaignier ou chêne	Piquet en épicéa imprégné
Durabilité	15 à 20 ans	10 à 15 ans	10 à 15 ans

Du fil barbelé peut être ajouté au grillage pour renforcer son action. Il est surtout conseillé contre le sanglier. Il sera placé à la base du grillage à environ 6 cm du sol.



Le fil barbelé ne doit jamais être placé en hauteur ou au-dessus du grillage au risque de provoquer des blessures et des accidents aux animaux en fuite

Des fils tendeurs peuvent être installés pour assurer la bonne tenue des grillages légers. Des raidisseurs sont alors indispensables pour contrôler leur tension.



Clôture engrillagée

La clôture électrique

La clôture électrique agit par transmission d'une décharge à l'animal, lui provoquant une légère douleur. Elle est constituée de fils conducteurs électrifiés, fixés sur des piquets par des isolateurs. En forêt, elle trouve son intérêt pour protéger des semis naturels pendant une courte durée (de 3 mois à 3 ans) dans une situation de pression occasionnelle de cerf ou de sanglier.

Le dispositif est composé de plusieurs éléments :

- o un électrificateur qui fournit le courant : sur batterie ou solaire
- o du fil conducteur en ruban, corde ou en aluminium : plus la clôture est longue, meilleure doit être la conductibilité
- o des piquets de soutien métallique ou en bois : la hauteur dépend du fil conducteur le plus élevé
- o des isolateurs afin de séparer le fil conducteur des piquets
- o une prise de terre pour assurer une libre circulation du courant lors du contact du gibier avec les fils conducteurs

Gibier	Cerf	Chevreuil	Sanglier	Léporidés
Nombre de fils	5	4	2	3
Hauteurs des fils	30, 60, 90, 120 et 150 cm	30, 60, 90, 120 cm	10 et 20 cm	7, 20 et 40 cm



Batterie d'alimentation



Isolateur et piquet en métal

La palissade bois ou lattis

La palissade bois est une barrière physique contre le gibier. Elle se compose d'un ensemble de lattes de bois disposées horizontalement. Cette protection dispose d'une durée de vie moyenne (5 à 8 ans) et est souvent réservée à la protection contre les dégâts de cervidés. Son impact visuel est plus apprécié par le public dans les zones à forte fréquentation.

Gibier	Cerf	Chevreuil
Hauteur du dispositif	200 cm	150 cm



Précautions d'usages

Les protections globales nécessitent une surveillance régulière pour effectuer leur maintenance, 2 à 3 fois par an.

L'entretien de l'engrillagement et de la palissade bois consiste en :

- o la réparation des dommages causés par la chute d'arbres ou de branches
- o le débroussaillage des rejets vigoureux, des ligneux et des herbacées

L'entretien de la clôture électrique consiste en :

- o le fauchage de la végétation et l'élagage des branches basses des arbres en surplomb pour assurer un fonctionnement optimal
- o la vérification du bon fonctionnement de la clôture
- o la recharge éventuelle de la batterie
- o la surveillance contre le vol et le vandalisme

La dépose est obligatoire pour la clôture grillagée et électrique.