



Institut pour le Développement Forestier

Maison de la Forêt - 7, chemin de la Lacade 31320 Auzeville-Tolosane (France)

Tél. : +33/(0)5 61 75 45 00 – Fax. : +33/(0)5 61 75 45 09

Responsable du projet : Philippe Van Lerberghe

Evaluation de produits de paillage biodégradables pour l'entretien des plants ligneux en végétalisation de dépendance autoroutière ASF



Rapport final de convention
(Novembre 2008)

Projet conduit avec le soutien financier des
Autoroutes du Sud de la France

Sommaire

1. CONTEXTE	1
2. OBJECTIFS.....	1
2.1 Approche globale.....	1
2.2 Cibles spécifiques.....	2
3. MATERIELS	2
3.1 Fournisseurs.....	2
3.2 Type de paillis.....	2
3.2.1 Bioplastiques.....	2
3.2.2 Feutres en fibres naturelles.....	3
3.3 Agrafes et clous.....	3
3.4 Protections contre le gibier.....	3
3.5 Autres fournitures.....	3
3.5.1 Compost.....	3
3.5.2 Engrais.....	5
3.5.3 Pralin.....	5
4. METHODE	5
4.1 Consistance des travaux.....	5
4.2 Typologies d'implantation des produits.....	5
5. DISCUSSION.....	6
5.1 Caractérisation des produits.....	6
5.2 Biodégradabilité des matériaux.....	6
5.2.1 Principes généraux.....	6
5.2.2 Vérifications d'usage.....	8
5.3 Stockage des produits.....	8
5.4 Pose de paillis en bande.....	8
5.4.1 Préparation de la surface à planter.....	9
5.4.1.1 Nettoyage du terrain.....	9
5.4.1.2 Façons culturales.....	9
5.4.1.3 Interaction paillis bio - sol.....	9
5.4.2 Mise en place des bandes de paillage (avant plantation).....	9
5.4.2.1 Principes généraux.....	9
5.4.2.2 Choix des agrafes.....	10
5.4.2.3 Modes d'agrafage.....	10
5.4.2.4 Choix des collerettes.....	12
5.5 Dynamique de dégradation.....	12
5.5.1 Comportement des bioplastiques.....	12
5.5.1.1 Après 8 mois (24/11/06).....	12
5.5.1.2 Après 18 mois (19/10/2007).....	12
5.5.1.3 Après 30 mois (31/10/2008).....	20
5.5.2 Comportement des feutres.....	20
5.5.2.1 A la pose (04/2006).....	20
5.5.2.2 Après 18 mois (19/10/2007).....	20
5.5.2.3 Après 30 mois (31/10/2008).....	26
5.5.3 Comportement des autres fournitures.....	26
5.5.3.1 Collerette Biofilm Sylva.....	26
5.5.3.2 Gaine grillagée BioProtect Sylva.....	26
6. CONCLUSIONS.....	27
6.1 Choix des produits.....	27
6.2 Mise en oeuvre.....	27
7. PERSPECTIVES	28
8. ANNEXES.....	29
8.1 Annexe 1 : Fournisseurs.....	29
8.2 Annexe 2 : Films bioplastiques.....	30
8.3 Annexe 3 : Collerettes bioplastiques pour films.....	31
8.4 Annexe 4 : Feutres de fibres naturelles.....	32
8.5 Annexe 5 : Collerettes de fibres naturelles.....	33

8.6	Annexe 6 : Agrafes	33
8.7	Annexe 7 : Protections conter le gibier	34
8.8	Annexe 8 : Essai B1 (Boisement de talus sur film bioplastique)	35
8.8.1	Objectif	35
8.8.2	Projet de végétalisation ligneuse	35
8.8.2.1	Chantier	35
8.8.2.2	Films	35
8.8.2.3	Mode d'agrafage	36
8.8.2.4	Modes de végétalisation	36
8.8.3	Fournitures	36
8.8.3.1	Films de paillage	36
8.8.3.2	Collerettes	36
8.8.3.3	Agrafes	37
8.8.4	Implantation des bandes	37
8.8.5	Typologie	38
8.8.5.1	Schéma prévisionnel	38
8.8.5.2	Schéma réalisé	39
8.9	Annexe 9 : Essai B2 (Boisement de talus sur feutre biodégradable)	40
8.9.1	Objectif	40
8.9.2	Projet de végétalisation ligneuse	40
8.9.2.1	Chantier	40
8.9.2.2	Feutres	40
8.9.2.3	Mode d'agrafage	41
8.9.2.4	Modes de végétalisation	41
8.9.3	Fournitures	41
8.9.3.1	Feutres	41
8.9.3.2	Collerettes	41
8.9.3.3	Agrafes et fil	42
8.9.4	Implantation des bandes	42
8.9.5	Typologie	43
8.9.5.1	Schéma prévisionnel	43
8.9.5.2	Schéma réalisé	44
8.10	Annexe 10 : Essai B3a (Boisement de talus sur film bioplastique)	45
8.10.1	Objectif	45
8.10.2	Projet de végétalisation ligneuse	45
8.10.2.1	Chantier	45
8.10.2.2	Film	45
8.10.2.3	Fixation	46
8.10.2.4	Modes de végétalisation	46
8.10.3	Fournitures	46
8.10.3.1	Films de paillage	46
8.10.3.2	Collerettes	46
8.10.3.3	Agrafes	47
8.10.4	Implantation des bandes	47
8.10.5	Typologie	48
8.10.5.1	Schéma prévisionnel	48
8.10.5.2	Schéma réalisé	49
8.11	Annexe 11 : Essai B3b (Boisement arbustif de talus sur feutre biodégradable en plein)	50
8.11.1	Objectif	50
8.11.2	Projet de végétalisation ligneuse	50
8.11.2.1	Chantier	50
8.11.2.2	Feutres	50
8.11.2.3	Fixation	51
8.11.2.4	Modes de végétalisation	51
8.11.3	Fournitures	51
8.11.3.1	Feutres de paillage	51
8.11.3.2	Agrafes	51
8.11.4	Implantation des bandes	51
8.11.5	Typologie	52
8.11.5.1	Schéma prévisionnel	52
8.11.5.2	Schéma réalisé	53
9.	BIBLIOGRAPHIE	54

1. CONTEXTE

Dans une plantation ligneuse, il est essentiel de réserver aux plants l'intégralité des ressources en eau et en éléments nutritifs du sol. Il est donc indispensable d'éliminer les mauvaises herbes et la forte concurrence qu'elles peuvent exercer à l'égard des jeunes tiges ligneuses.

Le paillage avec film plastique est une technique d'entretien très efficace. Néanmoins, l'utilisation de matériaux synthétiques est de plus en plus critiquée. Depuis une dizaine d'années, on leur reproche une décomposition trop longue (200 à 300 ans). Leur fabrication mobilise des réserves fossiles non renouvelables et en voie d'épuisement d'ici 80 ans pour le pétrole et 70 ans pour le gaz naturel. Leur recyclage en bout de chaîne d'utilisation consomme beaucoup d'énergie et génère des résidus, plus ou moins importants, qui portent atteinte à l'environnement (cf. Art. 5, Art. 7).

Le recours aux paillis biodégradables constitue une alternative intéressante car la plupart de ces nouveaux matériaux, issus du cycle de vie de la vie végétale, sont naturellement renouvelables et biodégradables.

Théoriquement, il s'agit de paillis, dits « longue durée », dont la durée attendue de l'efficacité herbicide est comprise entre 24 et 36 mois. Contrairement aux produits utilisés en agriculture, un paillis destiné à l'entretien des ligneux doit être efficace pendant **les trois années suivant la plantation**, le temps nécessaire pour que la reprise des plants soit effective.

La diversité des produits disponibles oblige les professionnels travaillant en milieu autoroutier à bien connaître les caractéristiques de l'offre et à identifier celles correspondant à leurs besoins.

2. OBJECTIFS

2.1 Approche globale

Dans ce contexte, les Autoroutes du Sud de la France (ASF) ont souhaité mettre en place un **site démonstratif** de 4 dispositifs expérimentaux (hiver 2006) à réaliser sur une dépendance autoroutière en bordure du périphérique Est de Toulouse (Haute-Garonne, 31) au niveau de la bretelle Labège – Montaudran.

Ce site regroupe en un même lieu les plus intéressants produits biodégradables de paillage actuels (génération 2005-06) et pouvant convenir à la végétalisation ligneuse des talus autoroutiers ; il constitue aussi un lieu d'information et de formation à l'intention des personnels techniques d'ASF et de ses sous-traitants sur ces matériaux innovants qui connaissent une popularité grandissante.

Parmi la cinquantaine de matériaux actuellement commercialisés en Europe ou souvent, à l'état de prototypes, il s'agit de :

1. sélectionner une dizaine de produits de paillage biodégradables opaques, capables de retarder les pertes en eau par évaporation et de maintenir une température de sol favorable, capables de rester solides et durables jusqu'à ce que les jeunes plants ligneux soient bien installés, s'intégrant bien dans le paysage, non toxiques et respectueux de l'environnement ; caractériser ces nouveaux produits de paillage, en fonction de leurs propriétés physiques, mécaniques (constituants d'origine, type de fabrication, épaisseur, couleur) et économiques, mais aussi, leurs modes de conditionnement et d'installation recommandables ;
2. évaluer les contraintes de mise en œuvre lors d'un déroulage en bandes individuelles ou tuilées ;
3. observer la dynamique de dégradation des paillis, en particulier à l'interface sol-air des bords de paillis enterrés, apprécier la durabilité de ces nouveaux produits de paillage par comparaisons visuelles et évaluer la résistance au vent après fixation au sol par enfouissement des bords et leur agrafage éventuel au moyen d'agrafes métalliques et/ou biodégradables.

En parallèle à cette problématique « paillage », un prototype de protection mécanique individuelle contre les dégâts du lapin a été testé sur le site expérimental de Toulouse.

Toutes les données recueillies et analysées aideront à la constitution d'un cahier de règles de l'art pouvant prendre place dans l'élaboration des pièces de marchés à destination des maîtres d'œuvre chargés de l'installation des végétations ligneuses dans le cadre des ouvrages autoroutiers.

2.2 Cibles spécifiques

Les objectifs de chaque essai entrepris sur le site ASF sont détaillés ci-dessous (Tableau 1).

Tableau 1 : Objectifs spécifiques d'étude des essais ASF de Labège – Montaudran

Objectifs	Essai			
	B1	B2	B3b	B3b
	(Annexe 8)	(Annexe 9)	(Annexe 10)	(Annexe 11)
• Evaluer la durabilité du paillis en fonction du (des) matériau(x) constitutif(s), de son épaisseur et de sa masse surfacique	x	x		x
• Etudier la dynamique de dégradation du paillis à l'interface sol – air des bords des films enterrés	x	x	x	
• Etudier la résistance au vent : ~ après enfouissement des bords des films et leur fixation (éventuelle) par agrafage ~ après agrafage des bandes de paillage tuilées ou non	x	x	x	x
• Comparer les modalités de fixation des collerettes au moyen d'agrafes en fer ou bambou ou de clous biodégradables			x	
• Evaluer la durabilité d'un prototype bioplastique de protection individuelle mécanique contre les dégâts du lapin	x	x	x	x

Un diagnostic par observations visuelles non quantifiées est réalisé chaque année durant 3 ans consécutifs (2006-08).

3. MATERIELS

3.1 Fournisseurs

Neufs fournisseurs (Annexe 1) ont été contactés pour mettre à disposition des Autoroutes du Sud de la France et de l'IDF des échantillons de produits à tester. Ce sont pour la plupart des importateurs, les fabricants étant rarement connus, en particulier pour les produits à base de bioplastiques.

3.2 Type de paillis

Deux grands familles de produits sont testés sur le site ASF de Montaudran : les **feuilles en bioplastiques** (essais B1 et B3a) et les **feutres en fibres naturelles** (essais B2 et B3b). Ces produits sont testés sur talus autoroutier (pente de 10 à 45 %, selon l'essai) et déroulés en bandes parallèles et fixées au sol selon différentes modalités de fixation.

3.2.1 Bioplastiques

Depuis quelques années, le développement des polymères biodégradables comme matériaux de substitution aux polymères d'origine pétrochimique a pris un intérêt majeur. Ces matériaux permettent de fabriquer des « bioplastiques » sur les mêmes principes que la fabrication des thermoplastiques traditionnels (dosage, mixage, adjonction de liants, mise sous pression, échauffement lors du passage en extrudeuse, etc.) dont ils présentent la même apparence.

A ce jour, peu¹ ou pas de « bioplastiques » à usage forestier sont en phase de commercialisation (Photo 1); la grande majorité existent sous forme de prototypes en cours de développement et fabriqués à partir des nouvelles résines disponibles : Mater-bi® (<http://www.materbi.com/>), NatureWorks® PLA (<http://www.natureworkslc.com/>) et Biolice® (<http://www.biolice.com/french/portal.html>). Déclinées selon différents grades (formulations adaptées à des usages spécifiques), elles sont présentées comme étant totalement biodégradables. La plupart de ces polymères sont récents et le recul d'expérience est encore faible. La durabilité de ces biomatériaux et leur efficacité biologique sur la survie et la croissance d'espèces ligneuses sont donc très mal connues. Une référence scientifique disponible est celle fournie par l'IDF (Art. 9) dans le cas d'un bioplastique fourni par la société Groen Creatie². Testé entre 2004 et 2006, la durabilité constatée a été de 18 mois dans les conditions stationnelles (sol et climat) du site choisi par la SNCF (Art. 2) en Seine-et-Marne (77).

¹ http://perso.orange.fr/pepinieres-lemonnier/pdf_files/comptoir_paillage/comptoir-paillage.pdf

² « Biofilm Sylva » à base de Mater-bi 803 P, épaisseur : 80 µ, paillis de 1 m², bords non enterrés, agrafage de surface.

Dernier trimestre 2005, un inventaire des nouveaux bioplastiques utilisables pour le paillage des arbres a été réalisé par l'IDF pour tests en champ (2209 ml de bioplastiques) sur le site ASF de Labège - Montaudran (Annexe 2). Dès la plantation, des collerettes biodégradables (1 440 unités) ont été installées pour empêcher le développement des adventices au niveau du collet des arbres (Annexe 3).

3.2.2 Feutres en fibres naturelles

Ces feutres sont des paillis à base de fibres végétales (Art. 4, Art. 8), constituées de cellulose, d'hémicellulose, de lignine et d'eau. Ces fibres peuvent provenir du liber (chanvre ou jute), des feuilles (sisal) ou des fruits (coco). On peut lister de nombreux avantages aux fibres naturelles : ce sont des ressources renouvelables qui peuvent avoir des récoltes annuelles ou pluriannuelles. Largement disponibles et peu coûteuses, elles sont par définition compostables et biodégradables.

La plupart des feutres destinés au paillage des plants ligneux (Photo 2) sont fabriqués par la technique de l'aiguilletage. Les fibres sont passées à l'effilocheuse pour obtenir des longueurs homogènes. Puis, elles sont mises en nappe et enchevêtrées mécaniquement au moyen d'aiguilles à barbes, généralement sur un voile léger (12 à 15 g/m²) de polypropylène ou mieux, de plastique biodégradable.

Les produits testés (Annexe 4) ont une épaisseur qui varie entre 4 et 10 mm pour une masse surfacique de 500 à 1400 g/m² et ont été livrés en rouleaux de 100 à 150 cm de largeur (1 892 unités). Quelques collerettes (66 unités) ont été posées exclusivement sur l'essai B2 (Annexe 5).

3.3 Agrafes et clous

Différents systèmes (Annexe 6) de fixation par agrafes (Photo 3) ou clouage (Photo 4) sont testés :

- ~ agrafe en U (20 x 50 x 20 cm) pour film/feutre (Photo 5) : fer béton torsadé et épointé ; $\varnothing = 6$ mm (1 974 unités) ;
- ~ agrafe en U (20 x 30 x 20 cm) pour collerette/feutre : fer béton torsadé et épointé ; $\varnothing = 6$ mm (13 664 unités) ;
- ~ agrafe en U (20 x 20 x 20 cm) pour paillis : fer béton torsadé et épointé ; $\varnothing = 6$ mm (952 unités) ;
- ~ agrafes en L (4 x 9 x 22 cm) type Picanter® (Photo 6) : fer à béton torsadé et épointé ; $\varnothing = 4,5$ mm (1 686 unités) ;
- ~ agrafe en U (20 x 20 x 20 cm) pour film : bambou $\varnothing 5$ mm (224 unités) ;
- ~ clou biodégradable « Biopin® » pour collerette/paillis : corps : 200 x 12 mm ; tête : 40 x 29 mm ; barbes : 6 (228 unités).

3.4 Protections contre le gibier

Les 2 premiers plants (bas de talus) de chaque bande de paillage ont été protégés contre les dégâts du lapin (740 unités) au moyen d'une protection mécanique individuelle bioplastique (Photo 7), à grandes mailles (Photo 8), fournie par la société Groen Creatie (Annexe 7). Les caractéristiques de ce produit prototype sont les suivantes : hauteur : 50 cm, diamètre : 14 cm, maille hexagonale : 1 cm, couleur : vert ; polymère : Mater-bi, grade et adjuvants éventuels inconnus. La pose s'effectue au moyen de 2 tuteurs (Photo 9) bambou (hauteur : 50 cm ; \varnothing : 6-8 mm, 1 480 unités).

3.5 Autres fournitures

3.5.1 Compost

En règle générale, les talus sont constitués de matériaux compacts, chaulés et poreux créant les conditions d'un sol sec, asphyxiant et très calcaire. Afin de favoriser la reprise des végétaux, l'apport d'un amendement apportera un stock de carbone organique, améliorera le comportement hydrique du mélange rapporté vis-à-vis des plantations et nourrira la plante.

Le compost vise à augmenter la teneur en matière organique du sol (fertilité biochimique) et d'améliorer sa structure (fertilité physique). Il s'agit d'un amendement organique composté et affiné à base d'écorces et/ou de débris végétaux broyés compostées au moins 4 mois par fermentation contrôlée (broyage, brassages, criblages) ou autre produit organique de recyclage fermenté également (marcs de raisins, coques de cacao, rafles de maïs, sons, tourteaux, fumiers). Le produit est livré en vrac (Photo 10).



Photo 1 : Film en bioplastique avant plantation



Photo 2 : Feutre en fibres naturelles avant plantation



Photo 3 : Modèles d'agrafe en fer à béton et bambou



Photo 4 : Clou biodégradable « Biopin »



Photo 5 : Agrafe en U (20 x 50 x 2 cm) pour film/feutre : fer béton torsadé et épointé Ø 6 mm



Photo 6 : Agrafes en L (4 x 9 x 22 cm) type Picanter®



Photo 7 : Protection bioplastique « Biofilm Sylva » contre le lapin



Photo 8 : Détail de la maille de la protection bioplastique



Photo 9 : Conditionnement des tuteurs bambou : 60 cm, Ø 6-8 mm, 1000 pièces par sac



Photo 10 : L'engrais est mélangé avec le compost avant distribution



Photo 11 : L'engrais utilisé se présente sous forme de granulés

3.5.2 Engrais

L'engrais organo-minéral riche en matière organique est d'origine végétale (tourteaux, algues marines, marcs, etc.) ou animale (farine de cuir, de plumes, de poisson, corne torréfiée moulue, sang desséché, poils de tannerie, chiquettes de moutons, fientes, guanos, fumiers, etc.). Exempt de nitrate et de chlorure, le produit est livré sous forme de granulés (Photo 11) en sac fermé et entreposé en site contrôlé.

3.5.3 Pralin

Le pralin est utilisé habituellement en végétalisation des délaissées autoroutières pour protéger les racines des végétaux au moment de la plantation et améliorer leur reprise sur terres pauvres de remblai. On peut, au choix, utiliser une préparation commerciale à diluer (Photo 12) ou fabriquer un mélange par tiers d'eau, de terre végétale et de compost (ou fumier bien décomposé).

4. METHODE

4.1 Consistance des travaux

Les principaux travaux de mise en place des végétaux sont les suivants :

- ~ le nettoyage préalable des zones à planter, quel que soit l'état du terrain ;
- ~ le piquetage de la plantation ;
- ~ le triage et l'évacuation des matériaux et produits impropres au remblaiement ;
- ~ la fourniture, le transport et la mise en œuvre des fertilisants ;
- ~ la fourniture, le transport et la mise en jauge des plants ;
- ~ le pralinage des plants à racines nues ;
- ~ la fourniture, le transport et la mise en œuvre du paillage plastique ;
- ~ la fourniture, la mise en œuvre d'une collerette agrafée (paillage plastique)
- ~ les plantations proprement dites ;
- ~ la mise en œuvre des protections contre les rongeurs ;
- ~ la fourniture de l'eau et l'arrosage des plantations pour plombage.

La mise en place des 4 dispositifs a duré 2 mois : semaine 10 à semaine 17 – année 2006.

4.2 Typologies d'implantation des produits

Les typologies de mise en place des bandes de paillis sont décrites par schéma dans chaque essai.

Diverses implantations ont été imaginées par concertation ASF – IDF lors de la conception des protocoles.

Compte tenu des contraintes stationnelles observées lors de la pose des paillis (sol sec et caillouteux, fort vent d'Autan), les typologies prévisionnelles ont dû être adaptées et les schémas effectivement réalisés sont parfois très différents des schémas d'origine.

Tableau 2 : Clé de recherche des schémas expérimentaux d'implantation des paillis

Essai	Boisement	Schéma prévisionnel		Schéma réalisé	
		Titre	Page	Titre	Page
B1	Boisement de talus sur film bioplastique	8.8.5.1	38	8.8.5.2	39
B2	Boisement de talus sur feutre biodégradable	8.9.5.1	43	8.9.5.2	44
B3a	Boisement de talus sur film bioplastique	8.10.5.1	48	8.10.5.2	49
B3b	Boisement arbustif de talus sur feutre biodégradable	8.11.5.1	52	8.11.5.2	53

5. DISCUSSION

5.1 Caractérisation des produits

La convention ASF – IDF prévoyait initialement la sélection d'une dizaine de produits de paillage biodégradables opaques, capables de rester solides et durables jusqu'à ce que les jeunes plants ligneux soient bien installés, s'intégrant bien dans le paysage, non toxiques et respectueux de l'environnement. En final, ce sont 14 bioplastiques et 11 feutres de fibres naturelles qui ont été mis en place sur le site toulousain.

En matière de caractérisation de ces nouveaux produits, les ASF ont attiré l'attention des fournisseurs (lettre du 27 janvier 2006) sur l'absolue nécessité d'identifier précisément chaque produit au moyen d'une fiche techniques précisant les critères suivants : marque commerciale, matériau(x) constitutif(s) (composition précise), spécifications (autres caractéristiques descriptives intéressantes), épaisseur (μ ou mm), masse surfacique (g/m^2), format ou conditionnement standard, longueur et largeur (cm).

La plupart des fabricants n'ont pas été capables de fournir cette fiche descriptive. Exception faite des paillis PLANTCO (Photo 13) et dans une moindre mesure (seul le nom du produit et le fabricant sont mentionnés), SOTEXTHO (Photo 14) et CELLOPLAST, chaque lot ou conditionnement livré n'était pas clairement identifiable. Les caractéristiques techniques sont peu ou prou détaillées et les rares informations disponibles figurent sur des bons de livraison incomplets. Ceci a fortement compliqué le travail de stockage, de manutention des produits par les ASF (district de Toulouse) et leur pose par l'entreprise d'espaces verts en charge du chantier.

5.2 Biodégradabilité des matériaux

5.2.1 Principes généraux

Pour rappel, la dégradation d'un matériau est un processus plus ou moins complexe, caractérisé par une perte progressive des propriétés physico-chimiques initiales du matériau concerné. Lorsqu'au stade ultime de la dégradation, on vérifie l'utilisation effective par les micro-organismes (la micro faune et la micro flore du sol) des résidus du matériau comme nutriment, on parle alors de « bio assimilation » et le matériau peut être qualifié de « biodégradable ». Le résultat de la biodégradation doit être de l'eau, du gaz carbonique et/ou du méthane, avec éventuellement production d'une nouvelle biomasse non toxique pour l'environnement, c'est-à-dire pour l'eau et l'air et le sol.

Parce que leurs composants majoritaires (Mater-bi®, NatureWorks® PLA, Biolice®, fibres naturelles de jute, chanvre, sisal, coco et bois) sont réputés bio assimilables, les produits testés sur le chantier ASF de Labège – Montaudran sont présentés comme des « produits biodégradables » par leurs fournisseurs.

Néanmoins, en l'absence d'un descriptif détaillé des matériaux constitutifs, de preuves fiables sur l'absence de substances présentant un danger connu ou supposé pour l'environnement (métaux lourds, carbamates, amines aromatiques, certains phtalates, etc.) ou d'une norme obligatoire, aucune garantie n'a été apportée par les fournisseurs des paillis testés à propos de la conformité de leur(s) produit(s) aux principales exigences de biodégradabilité et d'absence d'écotoxicité.

Le tout nouveau marché des produits biodégradables à usage forestier est en expansion mais il serait peu rentable actuellement, ce qui n'incite pas les industriels à investir dans l'obtention d'un certificat coûteux de conformité. Les marques³ les plus connues sont « OK compost » et « OK biodégradable ». Le premier label est apposé sur des produits qui peuvent être compostés dans une installation industrielle ou dans un compost privé ; il garantit la complète biodégradation et l'absence d'influence négative sur la qualité du compost.

Le deuxième label, plus intéressant pour le (re)boiseur, est apposé sur des produits et matériaux qui se dégradent naturellement dans l'environnement : dans le sol (Photo 15), l'eau ou la mer (environnement spécifié sur l'étiquette) ; il garantit la complète biodégradation dans le milieu spécifié, sans aucun autre traitement, en une durée déterminée. Ces marques garantissent également la non-toxicité des produits.

³ Ce sont des labels dits « privés individuels (ou marques de conformité) », c'est-à-dire des labels de qualité écologique utilisés par un fabricant ou un distributeur mais contrôlés par un organisme externe et indépendant, généralement accrédité (ici, Vincotte - <http://www.vincotte.com>). L'accréditation garantit la fiabilité et la qualité des contrôles.



Photo 12 : Le pralin favorise la reprise des plants à racines nues



Photo 13 : Fiche descriptive des feutres PLANTCO



Photo 14 : Fiche d'identification des feutres SOTEXTHO



Photo 15 : Ce certificat atteste de la biodégradabilité d'un produit dans le sol



Photo 16 : Film non tissé blanc en polypropylène sur feutre dit « biodégradable »



Photo 17 : Condensation d'eau sous l'emballage d'un feutre avant pose



Photo 18 : Déformation d'un rouleau de feutre stocké en position horizontale



Photo 19 : Introduction difficile d'un axe de déroulage sur un feutre sans mandrin



Photo 20 : Un mandrin en carton empêche la déformation du feutre Thorenep (SOTEXTHO)



Photo 21 : Avant de pailler un talus, il est indispensable de le désherber

5.2.2 Vérifications d'usage

A défaut de l'un de ces certificats de conformité, l'utilisateur peut :

- ~ réclamer à l'industriel une fiche descriptive précise du produit sélectionné ET une attestation sur l'honneur de sa biodégradabilité ;
- ~ procéder à des tests simples et peu coûteux en laboratoire afin d'identifier rapidement la présence de plastiques synthétiques dans les bioplastiques, rechercher la présence de fibres synthétiques dans les feutres en fibres naturelles et vérifier la présence d'un support d'aiguilletage en polypropylène.

Courant 2006, les fabricants de produits biodégradables de paillage « longue durée » ont fait des efforts pour décrire plus précisément leur gamme de produits. Des fiches techniques plus ou moins détaillées sont disponibles chez la plupart d'entre eux (AMARANDE, HORTERRA, CELLOPLAST, PANTEK/PATI PLANTCO, SOTEXTHO). Néanmoins, des lacunes importantes subsistent dans le descriptif de chaque produit et dans la fiabilité de certains paramètres énoncés.

Quelques exemples :

- ~ La plupart des films bioplastiques à base de Mater-bi® sont commercialisés sous l'appellation « 100 % biodégradable » car ils seraient conformes aux normes NF EN 13432 et la NFU 52001, aux labels OK Compost et OK Biodégradable Sol, Ecocert. En réalité, seule la matière première est conforme mais pas le produit fini auquel d'autres composants (colorant ou master batch) sont ajoutés lors du processus de fabrication, lui-même susceptible de modifier les propriétés de biodégradabilité du produit fini.

A ce jour, aucun film bioplastique « longue durée » n'est certifié 100% biodégradable (cf. <http://www.vincotte.be/Frontmodules/FR/leaflets.asp>: télécharger le fichier « e-news.pdf »).

- ~ La plupart des feutres sont commercialisés sous l'appellation « 100 % biodégradable » car composés exclusivement de fibres naturelles renouvelables type, jute, chanvre, sisal, coco et bois. Certaines fiches techniques mentionnent la présence d'un support d'aiguilletage (ou non tissé) en polypropylène photodégradable. Ce plastique synthétique (Photo 16) n'est absolument pas biodégradable.
- ~ En parallèle, le taux de matière sèche de certains feutres est rarement précisé ; l'utilisateur achète-t-il des fibres ou de l'eau (Photo 17)?

5.3 Stockage des produits

Les produits testés sont des matériaux dits « biodégradables » et nécessite par la même des conditions de stockage et de manipulation particulières :

- ~ éviter de mettre les paillis en contact avec les principaux facteurs de dégradation ; le bon sens conduit à protéger les protections de l'humidité, de la lumière, de la chaleur excessive et du contact direct avec le sol (microorganismes) ; il est conseillé de les entreposer dans un endroit sec et ombragé, à l'abri de la pluie, du soleil et du vent ;
- ~ les bobines doivent être stockées en position verticale de manière à éviter le tassement et la déformation (Photo 18) du produit sous l'effet du poids des bobines. Dans le cas des bobines de feutres non enroulées sur un mandrin en carton, il est très difficile pour les opérateurs d'enfiler (Photo 19), sans dégradation du paillis, un axe facilitant son déroulage (Photo 20). En cas de stockage des bobines horizontalement, ne pas superposer les palettes ;
- ~ en cas d'accrochage du paillis, il est indispensable d'éliminer les parties endommagées qui pourraient sur chantier être la cause de dommages plus importants ;
- ~ les bobines non ou partiellement utilisées doivent être stockées dans leur emballage d'origine.

5.4 Pose de paillis en bande

Des observations journalières menées sur le chantier pendant les 2 mois d'implantation des essais permettent d'énoncer les critères de réussite pour la mise en œuvre d'un paillis biodégradable et de mettre en évidence les erreurs à ne pas commettre.

5.4.1 Préparation de la surface à planter

5.4.1.1 Nettoyage du terrain

Il est indispensable que la surface de plantation soit propre (Photo 21). Le nettoyage général s'effectue par fauchage et/ou traitement chimique homologué. Il doit être réalisé sur toutes les zones à planter :

- ~ pour les boisements en plein, l'intervention doit être « généralisée », c'est-à-dire effectuée sur toute la surface de la parcelle de plantation ;
- ~ pour les boisements linéaires, elle est « localisée » sur 1 m à compter de par et d'autre de chaque axe de plantation.

Le fauchage est réalisé manuellement ou mécaniquement (debroussailluse à dos) selon l'accessibilité des lieux. Les résidus de fauche, débris et détritiques de toute nature (troncs, souches, blocs de pierre, ferrailles) doivent ensuite être ramassés et évacués en décharge car leur présence est incompatible avec l'installation des végétaux. Dans le cas d'un désherbage chimique, les matières actives doivent répondre aux normes en vigueur et être homologués pour l'utilisation prévue ; en zone de captage, l'usage des produits phytosanitaires doit se conformer à la réglementation en vigueur.

5.4.1.2 Façons culturales

Une bonne préparation du sol avant la pose d'un film bioplastique ou d'un feutre en fibres naturelles est primordiale et est un facteur essentiel de performance de la technique du paillage. Elle vise à aérer le substrat, augmenter la fertilité physique du sol, faciliter la circulation de l'eau, l'installation des végétaux et leur enracinement en profondeur.

Sur terrain plat, un décompactage par sous-solage est effectué en conditions sèches sur une profondeur minimum de 50 cm et dans l'axe des lignes de plantation. Classiquement, un épandage de compost et d'engrais sur les lignes de plantation doit être réalisé avant un labour visant à leur enfouissement, sur une profondeur de 30 cm. Un nivelage superficiel du sol par hersage mécanique ou manuel permet un émiettement des mottes en surface de façon à faciliter la pose, la fixation du paillis mais aussi la mise en place des plants.

Sur talus, tout travail profond du sol est interdit pour ne pas nuire à sa stabilité : un fauchage préalable de l'ensemble des surfaces à planter sera fait juste avant la pose des bandes de paillis et l'ouverture des trous de plantation. Le terrain est ameubli à l'emplacement du futur végétal. L'apport de compost et d'un fertilisant se fera dans le trou de plantation. Après ameublissement et mise en place des paillis en bande, un épierrage soigné des bandes non couvertes entre les rangs de paillis est conseillé de manière à en permettre l'entretien ultérieur.

5.4.1.3 Interaction paillis bio - sol

Les films bioplastiques sont très sensibles à la présence de résidus de cultures, de pierres et de mottes de surface qui pourraient les endommager (Photo 22).

Les feutres en fibres naturelles nécessitent également une surface bien désherbée et bien plane. Dans le cas des bandes de paillis simplement déposées et agrafées sur talus sans enterrage des bords dans le sol, les porte-à-faux (Photo 23 et Photo 26) causés notamment par la présence de dicotylédones augmentent fortement les risques d'arrachement par le vent qui s'engouffre sous les paillis, le rendant rapidement inefficace.

5.4.2 Mise en place des bandes de paillage (avant plantation)

5.4.2.1 Principes généraux

Un paillis est installé au pied des végétaux afin de prévenir la pousse d'adventices concurrentes et de limiter l'évaporation directe. Ce paillis permet d'augmenter la croissance des végétaux tout en réduisant les opérations d'entretien. La pose se déroule avant plantation. Le paillis doit être parfaitement tendu, maintenu contre le sol et stable :

- ~ sur terrain plein, cette opération doit avoir lieu sur sol ressuyé et après les façons culturales. Elle est souvent mécanisée dans le cas des films en polyéthylène. La mise en place des films bioplastiques peut être faite avec le même matériel que celui utilisé traditionnellement pour les films plastiques. Il convient de réduire légèrement la tension du rouleau et d'adapter la vitesse de pose aux conditions du terrain. Le paillis doit être tendu suffisamment (mais sans excès) afin de ne pas battre au vent et ne pas entraîner une réduction de l'épaisseur du film bioplastique ;

- ~ sur talus, la pose est plus fréquemment manuelle (Photo 24). Si le sol caillouteux et/ou en zone ventée, des précautions supplémentaires doivent être prises pour garantir la stabilité des bandes de paillage ; le choix du type d'agrafes et leur mise en œuvre est primordiale.

5.4.2.2 Choix des agrafes

Il est déconseillé d'utiliser des agrafes en U en bambou biseauté (20 x 20 x 20 cm), Ø 5 mm :

- ~ leur section est trop faible et elles cassent facilement (souvent au niveau des nœuds) lors de l'enfoncement dans le sol, en particulier sur sol caillouteux ;
- ~ les branches du U sont trop courtes pour assurer un placage correct du paillis au sol (Photo 25) ;
- ~ malgré les pointes biseautées, elles percent difficilement l'épaisseur des feutres aiguilletés.

Il est possible (système classique) d'utiliser des agrafes métalliques en U (20 x 20 x 20 cm, 20 x 30 x 20 cm, 20 x 50 x 20 cm) en fer à béton torsadé, de 5 ou 6 mm de diamètre :

- ~ refuser les agrafes non époutées non utilisables sur les feutres aiguilletés en fibres naturelles, d'autant plus difficiles à percer qu'ils sont épais ;
- ~ les agrafes à branches du U de 20 cm de hauteur ne sont pas adaptées sur talus ; elles ne garantissent pas une fixation durable sur sol sec et caillouteux ; préférer 30 cm de profondeur.

Il est déconseillé d'utiliser les agrafes en L (4 x 9 x 22 cm) type PICANTER en fer à béton torsadé et épouté Ø 4,5 mm : comme toutes les agrafes en U, cette agrafe ressort progressivement du sol ; la branche de 4 cm est trop courte pour garantir le placage d'un paillis au sol (Photo 27).

5.4.2.3 Modes d'agrafage

Plusieurs méthodes d'ancrage ont été proposées (cf. 4.2 ci-dessus). Les essais ont permis d'identifier les critères de réussite pour la pose d'un paillage en long et en recouvrement total sur talus.

Sur talus venté à sol sec et caillouteux, la pose d'un paillage en long doit respecter les règles suivantes :

- ~ en haut et bas de talus, ouvrir une tranchée, fixer le paillis au moyen de 2 agrafes en U de 30 x 20 x 30 cm, positionnées côte à côte, plutôt qu'une seule agrafe en U de 50 cm de base ; combler la tranchée et tasser le sol ;
- ~ agraffer les bords des films bioplastiques au niveau des tranchées à raison de 2 agrafes (30 x 20 x 30 cm) tous les mètres ; cet agrafage n'est pas nécessaire pour les feutres en fibres naturelles lorsque les bords sont enterrés mais pour les feutres simplement posés en surface ; il est indispensable pour éviter le glissement le long du talus et l'arrachage par le vent ;
- ~ éviter de renforcer la pose des paillis en bandes par un agrafage de surface (longitudinal ou transversal) qui s'avère rapidement inutile (Photo 28) ; les trous de percement des paillis par les agrafes sont des points de passage potentiels pour les adventices ; ils peuvent aussi fragiliser les films plastiques et bioplastiques ;
- ~ éviter le maillage en fil de fer ; les pieux de bois ou agrafes métalliques en L type PICANTER n'entraînent pas la tension définitive des fils de fer lorsqu'ils sont enfoncés dans le sol et ne peuvent garantir le placage correct du paillis au sol.

En cas de recouvrement total du talus :

- ~ tuiler les bandes de feutres : la superposition des lés se fera sur au moins 10 cm et le bord du lé supérieur ne sera jamais face au vent dominant afin d'éviter un arrachement par engouffrement d'air sous les bandes. La fixation se fera à l'aide d'agrafes en U (30 x 20 x 30 cm), positionnées en ligne tous les mètres (option intensive), à 5 cm du bord du lé supérieur. La fixation des bords externes du paillage par recouvrement se fera à l'aide de tranchées d'ancrage ;
- ~ en site très venté, le recouvrement peut être porté à 20 cm et les agrafes sont posées alternées avec un écartement entre agrafe réduit à 50 cm ;
- ~ éviter la pose des lés bord à bord : les herbacées vont se rapidement développer au niveau de la zone de contact des bandes (Photo 29).



Photo 22 : Les films de bioplastiques sont sensibiles à la déchirure



Photo 23 : Le désherbage est conseillé avant la pose d'un feutre biodégradable



Photo 24 : Prototype de dérouleuse manuelle



Photo 26 : Sur les paillis posés au sol, les porte-à-faux induits par les dicotylédones augmentent les risques d'arrachement par le vent malgré l'agrafage de surface



Photo 25 : L'agrafe en bambou ne plaque pas étroitement le film au sol



Photo 27 : L'agrafe Picanter sortie du sol n'assure plus le maintien du feutre



Photo 28 : Un agrafage de renforcement en surface est inefficace



Photo 29 : l'efficacité herbicide n'est pas assurée si les lés de paillage sont posés bord à bord



Photo 30 : Collettere bioplastique de surface Groen Creatie fixée par 4 clous biodégradables « Biopin »



Photo 31 : En cas d'ensoleillement, le bioplastique commence à « transpirer »...

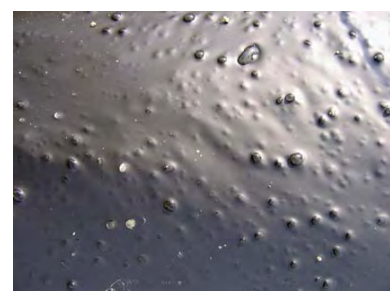


Photo 32 : ... puis à cloquer en forme de « bulles »

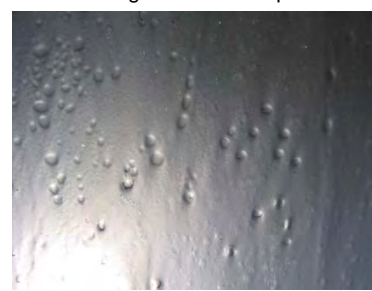


Photo 33 : ... ou de « puits »

5.4.2.4 Choix des collerettes

Après plantation, le collet de chaque végétal planté doit être entouré d'une collerette. Classiquement, la collerette est installée sous le paillis linéaire et maintenue au sol par les agrafes servant à la fermeture de la découpe. Cette découpe se fait au moyen d'un emporte-pièce circulaire (sur film bioplastique) ou d'un couteau ; la forme conseillée est celle en T inversé (\perp) (ou en V sur le paillis RUBIO) afin d'éviter toute amorce à la déchirure (film bioplastique et feutre de fibres naturelles).

Sur les films bioplastiques, la pose des clous BIOPIN® en association avec les prototypes de collerette du même fabricant (GROEN CREATIE) est rapide et efficace :

- ~ positionnée à la surface d'un film bioplastique (Photo 30), la collerette vient plaquer le film de paillage au sol grâce à 4 clous barbés qui, contrairement aux agrafes métalliques, ne ressortent pas de terre au cours du temps ;
- ~ même en cas d'entaille de plantation trop grande, la collerette de 40 cm de côté couvre parfaitement la base du plant, empêchant le développement de l'herbe au niveau du collet du jeune ligneux ;
- ~ le positionnement en surface garantit une pose très rapide ; ce dispositif empêche le vent de s'engouffrer dans la découpe et d'arracher le paillis, comme cela peut se produire en cas de pose peu soignée de collerette sous paillis agrafé.

5.5 Dynamique de dégradation

La durée de vie d'un paillis biodégradable dépend de nombreux facteurs environnementaux (l'activité des microorganismes, l'humidité et la température du sol, le rayonnement ultraviolet, le vent font partie des facteurs principaux de sa dégradation) et anthropiques (non respect des conditions de pose et d'emploi).

Rappelons que la durée de vie utile des produits pour le paillage des espèces ligneuses doit être de 3 saisons de végétation, soit 30 à 36 mois in situ.

5.5.1 Comportement des bioplastiques

5.5.1.1 Après 8 mois (24/11/06)

Après 8 mois d'expérimentation, la grande majorité des bioplastiques montrent leur incapacité à pouvoir jouer un rôle de paillage longue durée (Tableau 3). Les cinétiques de dégradation de ces films sont complexes et dépendent certainement de nombreux facteurs : type(s) de résine, maîtrise du processus de fabrication, conditions stationnelles, modalités de mise en œuvre, etc.

D'après certains fabricants, l'élévation mal maîtrisée (trop élevée ?) de la température lors de l'extrusion du film dénature la résine de base et nuit à sa durabilité ; sous l'effet de la chaleur (rayonnement solaire), la plupart des bioplastiques transpirent (Photo 31), le matériau se ramollit puis cloque (Photo 32 et Photo 33), induisant certainement des effets nuisibles de tension dans le paillis. En cas de fort ensoleillement, la température d'un bioplastique peut atteindre 80° C alors que le point de fusion du Mater-bi® serait aux alentours de 100 – 110° C. Autant de facteurs qui pourraient expliquer le mauvais comportement en champ de ces nouveaux matériaux (Figure 1).

Néanmoins, quelques produits se distinguent déjà. A base de Mater-bi® NF 803P et 866, ils sont fournis par PANTEK France et GROEN CREATIE. S'ils sont prometteurs, il est encore trop tôt pour conclure sur l'intérêt réel de ces produits.

5.5.1.2 Après 18 mois (19/10/2007)

A l'issue de cette 2^{ème} campagne d'observation des paillis in situ, les films bioplastiques, testés dans les conditions stationnelles difficiles d'un talus très ensoleillé et venté sur sol sec et caillouteux, montrent leur incapacité à pouvoir jouer un rôle de paillage sur une longue durée, c'est-à-dire durant les 3 premières saisons de végétation qui correspondent à la période d'installation des arbres.

Le film plastique à base de polyéthylène reste le produit de paillage le plus efficace (et le moins coûteux) ; ce produit est intact malgré quelques petites perforations sans conséquences sur la tenue générale du produit et sur son efficacité herbicide (Photo 34).

La grande majorité des prototypes ont une durabilité observée **bien inférieure à 18 mois**. Leur dégradation est pratiquement complète : de 85 à 100 % selon les paillis. Il est très probable que la plupart d'entre eux n'ont pas eu d'effet paillant tout ou partie de la 2^{ème} saison de végétation :

- ~ les paillis à base de résine Mater-bi® NF 806 (n°5 et 6) et 866 (n°7, 8, 9 et 10) ont pratiquement disparu. Si une épaisseur de film de 60µ paraît insuffisante, le mauvais comportement de ces films ne semble pas lié au type de résine utilisée ni à l'épaisseur du produit. Une fois encore, la faible durabilité s'expliquerait par une mauvaise maîtrise du processus d'extrusion ;
- ~ le paillis à base de Biolice® (n°13) a totalement disparu ; ce produit ne convient pas au paillage des ligneux ; sa durabilité observée n'est que de quelques semaines ;
- ~ le paillis à base de NatureWorks® PLA (n°14) présente l'avantage de ne pas se dégrader biologiquement à l'interface sol – air (assurant ainsi la pérennité de l'ancrage du paillis au sol) ; en surface, le paillis devient rapidement cassant ; une simple pression suffit à le détériorer. Sa dégradation est mécanique : de grands lambeaux de films ont été emportés par le vent.

Les bioplastiques actuellement les plus performants ont une **durabilité maximale de 18 mois** (Tableau 4) avec un taux de couverture du sol réduit à 80% (Biofilm Sylva et Ecopac Film) par rapport à un film plastique intact à l'issue de la même durée de présence sur site :

- ~ les paillis Biofilm Sylva 80µ (n°2) et 120µ (n°3) à base de Mater-bi® NF 803P sont dégradés en moyenne sur 20% de leur surface mais cette dégradation est hétérogène ; certaines bandes sont relativement peu touchées (Photo 35) alors que d'autres sont plus dégradées; il s'agit à la fois d'une biodégradation de surface par trouaison et déchirure (Photo 36) ou arrachage du film sur des zones pouvant atteindre 1m² (Photo 37). La biodégradation du film à l'interface sol-air est complète (le film n'est plus fixé au sol) mais la présence d'un couvert herbacé en bordure de paillis réduit fortement les risques d'arrachage des bandes par le vent. Il est donc conseillé de ne pas désherber les inter bandes, ce qui réduit d'autant les coûts d'entretien du site ;
- ~ le paillis Biofilm Sylva le plus épais (n°4) à base de Mater-bi® NF 803P est très fortement dégradé. L'augmentation de la quantité de matière au m² n'a pas donc contribué à augmenter la résistance globale du produit. La plus grande fragilité de ces films doit être probablement trouvée dans le processus d'extrusion en usine encore mal maîtrisée par le fabricant.
- ~ les paillis Ecopac Film 80µ à base de Mater-bi® NF 803P (n°11) et NF 866 (n°12) ont un comportement similaire aux paillis Biofilm Sylva (n°2 et 3). Leur dégradation en surface est hétérogène et représente en moyenne 20% de leur surface. L'épaississement des bords du film à base de la résine NF 866 (n°12) a très sensiblement retardé la biodégradation du paillis à l'interface sol-air, laquelle est à peine amorcée ; la fixation du film au sol par ses bords est toujours efficace.



Photo 34 : Après 18 mois de présence sur site, le film plastique 80 µ en PE a une très bonne tenue générale, malgré quelques petits trous ponctuels sans conséquence sur l'efficacité herbicide du paillis



Photo 36 : Intensification des trouaisons et déchirures sur bande de Biofilm Sylva 80µ



Photo 35 : Bande intacte de Biofilm Sylva 80µ



Photo 37 : Arrachage du film sur près d'1m² de surface sur bande de Biofilm Sylva 80µ

Tableau 3 : Evaluation des bioplastiques après 8 mois de présence sur site

Film	Fournisseur	Marque	Matériau	Epaisseur (μ)	Masse surfacique (g/m ²)	Dégradation biologique		Dégradation mécanique	% dégradation	Convient pour le paillage des arbres ?
						A l'interface sol – air	De surface			
1	Celloplast	Climavigne AI2V	Polyéthylène	80	98	Non	Non	Aucune	-	Oui
2	Groen Creatie	Biofilm Sylva	Mater-bi NF 803P (grade B commercialisé)	80	96	Oui ³	Non ¹	Trous et déchirures de surface rares et de petite dimension. Bonne tenue du produit et bon effet paillant. Curieusement, ce 80μ est nettement plus résistant que le 150μ, deux fois plus épais. La dégradation à l'interface sol – air a débuté contrairement à l'Ecopac film de Pantek	< 3%	A suivre
3				120	144	Oui ³	Non ¹	Trous et déchirures de surface rares et de petite dimension. Bonne tenue du produit et bon effet paillant. Ce 120μ est nettement plus résistant que le 150μ. La dégradation à l'interface sol – air a débuté contrairement à l'Ecopac film de Pantek	< 3%	A suivre
4				150	180	Oui	Non ¹	Grandes déchirures transversales, indifféremment localisées au niveau des entailles de plantation ou entre les plants	± 10 %	Non
5	Plantco	Plantcobio 3G	Mater-bi NF 806 (grade B amélioré, non commercialisé)	60	86	Oui	Oui ²	Disparition complète du produit. Ne subsiste que des reliquats au niveau des bords enterrés. Effet paillant nul	90 à 100 %	Non
6				140	201	Oui	Non ¹	Grandes déchirures longitudinales ou en diagonale de plusieurs dizaines de cm. Quelques déchirures transversales (bord à bord), indifféremment localisées au niveau des entailles de plantation ou entre les plants	± 15 à 20 %	Non
7	Amarande	Biofilm 60 Vert	Mater-bi NF 866 (grade C, non commercialisé)	60	76,8	Oui	Oui	Disparition complète du produit. Ne subsiste que des reliquats au niveau des bords enterrés. Effet paillant nul	90 à 100 %	Non
8	Celloplast	Paillage 100 % biodégradable	Mater-bi NF 866 (grade C, non commercialisé)	80	98	Oui	Non	Déchirures longitudinales sur des grandes longueurs. Effet paillant inexistant	± 85 à 90 %	Non
9				120	144	Oui	Non ¹	Grandes déchirures de plusieurs dizaines de cm. Nombreuses déchirures transversales (bord à bord), localisées au niveau des entailles de plantation et colonisées par la végétation herbacée	± 15 à 20 %	Non
10				150	180	Oui	Non	Grandes déchirures de plusieurs dizaines de cm. Curieusement, ce 150μ est nettement plus fragile que l'Ecopac film de 80μ à base de Mater-bi 866 proposé par Pantek	± 15 à 20 %	Non
11	Pantek	Ecopac Film	Mater-bi NF 803P (grade B commercialisé)	80/ 160	132	Oui ³	Non ¹	Quelques petites déchirures longitudinales < 20cm. Déchirures transversales rares. Bon effet paillant. Bonne tenue du produit et bon effet paillant. Début de dégradation à l'interface sol – air, comme le Biofilm Sylva de Groen Creatie	< 3%	A suivre
12			Mater-bi NF 866 (grade C, non commercialisé)	80/ 160	132	Non	Non	Petits trous (< 0,5cm) et petites déchirures (< 1cm) rares et sans gravité	< 1 %	A suivre
13	Sotextho	Prototype	Bioplastique de composition inconnue	60	75	Oui	Oui	Disparition complète du produit. Ne subsiste les collerettes au pied des plants	100 %	Non
14	Azenos	Prototype	Bioplastique en PLA	80	100	Non	Non	Grandes déchirures de plusieurs cm. Pas de sens préférentiel de déchirure. Produit très cassant. Le renforcement au moyen d'agrafes latérales de surface (pose B) semble intensifier les effets de déchirure, surtout dans la ½ supérieure des bandes	± 20 %(B) < 10 %(A)	Non



















¹ : quelques petits trous (diamètre < 0,5 cm) présents en surface ; ² : si contact étroit entre le film et le sol ; ³ : malgré tout, bonne tenue du produit qui reste plaqué au sol



















Tableau 4 : Evaluation des bioplastiques après 18 mois de présence sur site



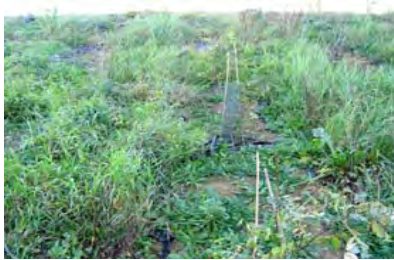














Film	Fournisseur	Marque	Matériau	Epaisseur (μ)	Masse surfacique (g/m ²)	Dégradation biologique		Dégradation mécanique	% dégradation
						A l'interface sol – air	De surface		
1	Celloplast	Climavigne AI2V	Polyéthylène	80	98	Non	Non	Très bonne tenue générale du film. Quelques petits trous	< 1 %
2	Groen Creatie	Biofilm Sylva	Mater-bi NF 803P (grade B commercialisé)	80	96	Oui	Oui	Forte dégradation du film à l'interface sol – air et intensification de la biodégradation de surface. Plusieurs déchirures longitudinales et transversales avec apparition de surfaces non paillées (par disparition du film) localisées sur certaines bandes. Plusieurs bandes intactes. En moyenne, effet paillant insuffisant	± 20 %
3				120	144	Oui	Oui		
4				150	180	Oui	Oui		
5	Plantco	Plantcobio 3G	Mater-bi NF 806 (grade B amélioré non commercialisé)	60	86	Oui	Oui	Disparition complète du film bio plastique	100 %
6				140	201	Oui	Oui	Très forte biodégradation de surface. Surfaces non paillées (par disparition du film) très nombreuses.	85 à 90 %
7	Amarande	Biofilm 60 Vert	Mater-bi NF 866 (grade C, non commercialisé)	60	76,8	Oui	Oui	Disparition complète du film bio plastique	100 %
8	Celloplast	Paillage 100 % biodégradable	Mater-bi NF 866 (grade C, non commercialisé)	80	98	Oui	Oui	Disparition complète du film bio plastique	100 %
9				120	144	Oui	Oui	Très forte biodégradation de surface. Surfaces non paillées (par disparition du film) très nombreuses	90 à 95 %
10				150	180	Oui	Oui	Très forte biodégradation de surface. Surfaces non paillées (par disparition du film) nombreuses	85 à 90 %
11	Pantek	Ecopac Film	Mater-bi NF 803P (grade B commercialisé)	80/ 160	132	Oui	Oui	Forte dégradation du film à l'interface sol – air et intensification de la biodégradation de surface. Plusieurs déchirures longitudinales (rarement transversales) avec apparition de surfaces non paillées (par disparition du film) localisées sur certaines bandes. Plusieurs bandes intactes. En moyenne, effet paillant insuffisant	± 20 %
12			Mater-bi NF 866 (grade C, non commercialisé)	80/ 160	132	Non ¹	Oui		
13	Sotextho	Prototype	Bioplastique de composition inconnue	60	75	Oui	Oui	Disparition complète du film bio plastique	100 %
14	Azenos	Prototype	Bioplastique en PLA	80	100	Non	Non	Très forte dégradation mécanique de surface. Surfaces non paillées (par disparition du film) nombreuses. Pas de biodégradation à l'interface sol – air. Film cassant	50 à 80 %



















¹ apparition de petits trous dans les bords enterrés mais ancrage au sol toujours efficace

Figure 1 : Etat des films bioplastiques après 18 mois de présence sur site

N°	Biodégradation à l'interface sol - air ?	Dégradation de surface	% de dégradation	
(2) Groen Creatie: Biofilm Sylva. Mater-bi 803P- 80 µ	Après 8 mois			
	Oui	Trous et déchirures rares	< 3 %	
(2) Groen Creatie: Biofilm Sylva. Mater-bi 803P- 80 µ	Après 18 mois			
	Oui	Intensification des trous et déchirures Plusieurs surfaces non paillées	±20 %	
(3) Groen Creatie : Biofilm Sylva. Mater-bi 803P- 120 µ	Après 8 mois			
	Oui	Trous et déchirures rares	< 3 %	
(3) Groen Creatie : Biofilm Sylva. Mater-bi 803P- 120 µ	Après 18 mois			
	Oui	Intensification des trous et déchirures Plusieurs surfaces non paillées	±20%	
(4) Groen Creatie : Biofilm Sylva. Mater-bi 803P - 150µ	Après 8 mois			
	Oui	Grandes déchirures transversales	±10 %	
(4) Groen Creatie : Biofilm Sylva. Mater-bi 803P - 150µ	Après 18 mois			
	Oui	Très forte biodégradation de surface Surfaces non paillées très nombreuses	85 à 90 %	

N°	Biodégradation à l'interface sol - air ?	Dégradation de surface	% de dégradation	
(5) Plantco : Plantcobio 3G - Mater-bi 806 – 60 µ	Après 8 mois	 Oui	 Disparition presque complète du film	 90 - 100 %
	Après 18 mois	 Oui	 Disparition complète du film	 100 %
(6) Plantco : Plantcobio 3G - Mater-bi 806 – 140 µ	Après 8 mois	 Oui	 Grandes déchirures diagonales	 15 - 20 %
	Après 18 mois	 Oui	 Très forte biodégradation de surface Surfaces non paillées très nombreuses	 85 à 90 %
(7) Amarande : Biofilm 60 vert - Mater-bi 866 – 60 µ	Après 8 mois	 Oui	 Disparition presque complète du film	 90 - 100 %
	Après 18 mois	 Oui	 Disparition complète du film	 100 %

N°	Biodégradation à l'interface sol - air ?	Dégradation de surface	% de dégradation	
(8) Celloplast – Paillage 100 % biod. – Mater-bi 866-80 µ	Après 8 mois	 Oui	 Grandes déchirures longitudinales	 90 - 95 %
	Après 18 mois	 Oui	 Disparition complète du film	 100 %
(9) Celloplast-Paillage 100 % biod.- Mater-bi 866-120 µ	Après 8 mois	 Oui	 Nombreuses déchirures transversales	 ± 20 %
	Après 18 mois	 Oui	 Disparition presque complète du film	 90 à 95 %
(10) Celloplast – Paillage 100 % biodégradable – Mater-bi 866-150 µ	Après 8 mois	 Oui	 Grandes déchirures longitudinales	 ± 20 %
	Après 18 mois	 Oui	 Forte intensification des déchirures longitudinales et biodégradation de surface	 80 à 90% selon les zones

N°	Biodégradation à l'interface sol - air ?	Dégradation mécanique	% de dégradation	
(11) Pantek : Ecopac Film - Mater-bi 803P 80/160µ	Après 8 mois			
	Oui	Trous et déchirures rares	< 3 %	
(11) Pantek : Ecopac Film - Mater-bi 803P 80/160µ	Après 18 mois			
	Oui	Intensification des trous et déchirures Plusieurs surfaces non paillées	±20%	
(12) Pantek : Ecopac Film - Mater-bi 866 80µ/160µ	Après 8 mois			
	Non	Trous et déchirures rares	< 3 %	
(12) Pantek : Ecopac Film - Mater-bi 866 80µ/160µ	Après 18 mois			
	Légère amorce de biodégradation	Intensification des trous et déchirures Plusieurs surfaces non paillées	±20%	
(13) Sotextho : Biolice 60 µ	Après 8 mois			
	Oui	Disparition presque totale du film	98 - 99 %	
(13) Sotextho : Biolice 60 µ	Après 18 mois			
	Oui	Disparition complète du film	100 %	

N°	Biodégradation à l'interface sol - air ?	Dégradation mécanique	% de dégradation	
(14) Azenos : NatureWorks PLA – 80 µ	Après 8 mois			
	Après 18 mois			
	Non	Non	< 10 % (pose A) / ± 20 % (pose B)	
	Non	Forte intensification de la dégradation mécanique par déchirures	50 à 80 % selon les zones	

5.5.1.3 Après 30 mois (31/10/2008)

Après 30 mois de présence sur site, les bioplastiques ont entièrement disparu. Seuls subsistent les bandes de plastique synthétique en polyéthylène traité anti-UV de 80 µ d'épaisseur qui assurent un très bon effet paillage (Photo 38).



Photo 38 : Plantation de Robinier faux-acacia de 3 ans sur bandes de film plastique PE 80 µ

5.5.2 Comportement des feutres

5.5.2.1 A la pose (04/2006)

D'une manière générale (Figure 2), les feutres en fibres naturelles se déroulent plus facilement sur talus que les films de bioplastique. Ces matériaux souples épousent bien la forme du terrain (exception faite du Rubio, plus rigide). Pour garder leur cohérence, ces produits doivent être manipulés avec précaution (pas d'étirement ni de piétinement) et ne pas être souillés avec de la terre. La fibre blanchit en vieillissant.

Les bobines sont encombrantes et très (trop ?) lourdes à manutentionner (50 à 75 kg). Durant la mise en œuvre, la coupe d'un feutre ne doit pas se faire au cutter (arrachage des fibres) ; préférer un couteau de couturier pour une coupe nette et franche.



















La résistance à la traction est un paramètre important car il conditionne l'avenir du produit au sol (Photo 40) ; il dépend des matériaux utilisés, du % réel de fibres, de leur longueur et de leur qualité, du taux réel d'humidité du paillis, de la qualité de sa fabrication (par cardage, nappage et aiguilletage de fibres) et de la présence éventuelle d'un support d'aiguilletage (en particulier, synthétique). Ce paramètre ne figure jamais sur les fiches techniques des produits malgré son importance sur la durabilité du produit.

5.5.2.2 Après 18 mois (19/10/2007)










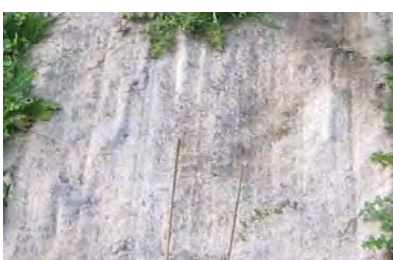








La durée de vie des feutres en fibres naturelles est modulable en fonction de différents paramètres :

~ **les fibres végétales utilisées** : elles peuvent être classées par ordre décroissant de durabilité (coco > sisal > chanvre > jute > lin), de teneur en lignine (coco > jute > sisal > chanvre > lin) et de coût (coco > sisal > lin > chanvre > jute). Généralement, on mélange 2 types de fibres et selon les besoins, on adapte leur dosage pour obtenir des paillis dont la durée de vie théorique varie de 18 à 36 mois ;

Figure 2 : Evaluation des feutres après 30 mois de présence sur site

	Après 8 mois	Après 18 mois	Après 30 mois
<p>(1) Hortera - Bonifera Jute (20%), sisal (10%) et coco (70%) avec latex sur une face</p>			
			
	<p>Bonne résistance à la traction manuelle Pas opaque à la lumière</p>	<p>Très forte colonisation du feutre par manque d'opacité. Grattages et arrachages des fibres par le lapin. Effet paillant faible à nul</p>	<p>Dégradation totale du feutre par le lapin. Effet paillage inexistant</p>
<p>(2) Amarande – FJC BIO 1000 Jute (50 %) – chanvre (50 %) Support Mater-bi</p>			
			
	<p>Très faible résistance à la traction manuelle. Sensible à l'arrachage par le vent si bords non enterrés. Opaque à la lumière</p>	<p>Biodégradation progressive du feutre à l'interface sol-air et blanchiment des fibres. Perçage du feutre par les herbacées mais effet paillant satisfaisant</p>	<p>Biodégradation complète à l'interface sol-air. Dégradation forte (60 à 80%) et hétérogène, imputable au lapin</p>
<p>(3) Amarande – FJC BIO 1400 Jute (50 %) – chanvre (50 %) Support Mater-bi</p>			
			
	<p>Faible résistance à la traction manuelle. Opaque à la lumière. Blanchiment des fibres</p>	<p>Biodégradation progressive du feutre à l'interface sol-air. Perçage du feutre par les herbacées mais bon effet paillant</p>	<p>Dégradation complète à l'interface sol-air. Dégradation moyenne à forte (40 à 60%) et hétérogène, imputable au lapin</p>

	Après 8 mois	Après 18 mois	Après 30 mois
<p>(4) Plantco – Plantcobio 1000 jute (70 %), chanvre (30 %), support non tissé en polypropylène</p>			
	Bonne résistance à la traction manuelle car voile synthétique de PP. Opaque à la lumière. Blanchiment des fibres	Biodégradation progressive du feutre à l'interface sol-air. Perçage du feutre par les herbacées mais bon effet paillant	Biodégradation complète à l'interface sol-air. Dégradation forte (60 à 80%) et hétérogène, imputable au lapin
<p>(5) Plantco – Plantcobio jute (50 %), sisal (50 %), support non tissé en polypropylène</p>			
	Bonne résistance à la traction manuelle car voile synthétique de PP. Opaque à la lumière. Blanchiment des fibres	Biodégradation progressive du feutre à l'interface sol-air. Perçage du feutre par les herbacées mais bon effet paillant	Biodégradation complète à l'interface sol-air. Dégradation forte (60 à 80%) et hétérogène, imputable au lapin
<p>(6) Plantco – Plantcobio jute (30 %), sisal (70 %), support non tissé en polypropylène</p>			
	Bonne résistance à la traction manuelle car voile synthétique de PP. Opaque à la lumière. Blanchiment des fibres	Biodégradation progressive du feutre à l'interface sol-air. Perçage du feutre par les herbacées mais bon effet paillant	Biodégradation complète à l'interface sol-air. Dégradation forte (60 à 80%) et hétérogène, imputable au lapin

	Après 8 mois	Après 18 mois	Après 30 mois
<p>(8) Sotextho – Thorenap 1400 jute (70 %), bois (30 %), support non tissé en bioplastique</p>			
			
	<p>Résistance moyenne à la traction manuelle. Opaque à la lumière. Blanchiment des fibres</p>	<p>Biodégradation progressive du feutre à l'interface sol-air. Quelques perçages par les herbacées mais bon effet paillant</p>	<p>Biodégradation complète à l'interface sol-air. Dégradation moyenne à forte (40 à 60%) et hétérogène, imputable au lapin</p>
<p>(9) Sotextho – Thorenap 1000 jute (70 %), bois (30 %), support non tissé en bioplastique</p>			
			
	<p>Résistance moyenne à la traction manuelle. Opaque à la lumière. Blanchiment des fibres</p>	<p>Biodégradation progressive du feutre à l'interface sol-air. Quelques perçages par les herbacées mais bon effet paillant</p>	<p>Biodégradation complète à l'interface sol-air. Dégradation forte (60 à 80%) et hétérogène, imputable au lapin</p>
<p>(10) Celloplast – Rubio 500 jute avec couche de latex naturel sur une face</p>			
			
	<p>Très bonne résistance à la traction manuelle. Opaque à la lumière. Blanchiment des fibres</p>	<p>Pas de dégradation à l'interface sol – air. Nombreuses déchirures longitudinales. Effet paillant insuffisant</p>	<p>Biodégradation complète à l'interface sol-air. Dégradation totale. Effet paillage inexistant</p>

Pour les paillis dits « longue durée », un mélange de jute avec du chanvre ou du sisal est recommandé. L'incorporation de jute vaut surtout pour sa forte teneur en lignine (13 à 20 %) et son faible coût ; cette fibre est mélangée avec du chanvre parce qu'il résiste à l'eau et de bonne stabilité biologique. On peut lui préférer la fibre de sisal, plus cher mais qui présente une teneur en lignine et une durabilité plus élevées.

- ~ **l'opacité du paillis** : seuls les paillis absolument opaques au rayonnement solaire (indispensable à la photosynthèse) sont capables d'empêcher la germination des mauvaises herbes annuelles et bisannuelles et le développement des vivaces. Il est généralement conseillé d'utiliser des feutres épais et de masse surfacique supérieure à 1200 g/m² ;
- ~ **le type de pose** : les feutres peuvent être maintenus au sol par des agrafes métalliques, voire par des pierres (sur terrain plat). Utiliser des agrafes assez grandes (30 cm de profondeur et 10 à 20 cm de largeur) pour assurer un bon maintien du paillis au sol (cf. 5.4.2.2), et parfaitement époutées pour faciliter le percement du feutre lors de la pose. Le recouvrement par de la terre et le piétinement du paillis sont à proscrire.

Selon les marques (Tableau 5), les feutres en fibres naturelles peuvent présenter des différences importantes :

- ~ le feutre BONFLORA (n°1) à base de jute (20%), sisal (10%) et coco (70%) n'est pas opaque ; il est très rapidement colonisé par les adventices (percement du feutre après germination de graines d'herbacées) et ne convient pas au paillage des ligneux.

Le feutre 100% coco (n°1bis) est parfaitement opaque. Lors de la pose, il se déroule sans difficulté ; il est très résistant à la traction et ne se déchire pas ; son principal inconvénient est sa forte sensibilité aux dégâts du lapin : grattages et arrachements des fibres finissent par détruire le feutre (Photo 39) ; le choix dans le positionnement de la face de latex au contact du sol ou en surface n'a pas influé sur la durabilité du feutre sur talus et sa résistance aux dégâts du lapin ;

- ~ les feutres FCJ d'AMARANDE se déchirent facilement lors de la pose. Le feutre de 1000 g/m² (n°2) à bords non enterrés a été arraché par le vent 2 semaines après installation ; les bandes ont été repositionnées et renforcées par un agrafage de surface (Photo 40). Opaques à la lumière, leur effet paillant est satisfaisant ; le feutre de 1400 g/m² (n°3), plus lourd, a un bon effet paillant malgré sa fragilité au déroulage manuel ;
- ~ les feutres Plantcobio (n°4, 5 et 6) de PLANTCO sont opaques à la lumière ; leur effet paillant est bon : pas de différence d'efficacité herbicide selon la composition et le % en fibres. La présence d'un support synthétique d'aiguilletage en polypropylène non tissé augmente la résistance du feutre à la déchirure lors de la pose (et peut-être son efficacité herbicide). Ces produits ne peuvent être considérés biodégradables ;
- ~ les feutres Thorenap de SOTEXTHO (n°8 et 9) sont faciles à dérouler mais leur résistance à la traction manuelle est moyenne. Opaques à la lumière, leur effet paillant est bon. Si le % de fibres de bois paraît très inférieur au % annoncé, ce produit est bien conditionné par la présence d'un mandrin central facilitant le déroulage du feutre ;
- ~ le feutre Rubio de CELLOPLAST (n°10) présente de nombreuses déchirures longitudinales, liées certainement à des effets de tensions induits lors des périodes successives d'humidification et de séchage. Son effet paillant est insuffisant au regard des autres feutres (sauf n°1 et 1bis).



Photo 39 : Grattages et arrachement des fibres par le lapin ont détruit le feutre en coco (n°1bis)



Photo 40 : Arrachement par le vent du paillis FCJ Bio 1000, 2 semaines après sa pose

Tableau 6 : Evaluation des feutres aiguilletés en fibres naturelles après 30 mois de présence sur site

Feutre n°	Fournisseur	Type de feutre	Marque	Matériau	Spécifications	Epaisseur (mm)	Masse surfacique (g/m ²)	Observations
1	Horterra	Jute/sisal/Coco/latex	Bonflora	Fibres de jute (20%), sisal (10%) et coco (70%) Liaison par latex naturel sur une face	Feutre collé	10	1000	A la pose, bonne résistance à la traction manuelle. Pas opaque à la lumière : rapidement colonisé par les herbacées qui poussent sous le feutre avant de le percer. Effet paillant faible. Très attractif pour les lapins : grattage et arrachage des fibres et déchirures du feutre facilitant la colonisation par les adventices. Faible dégradation du feutre à l'interface sol-air.
1bis		Coco/latex		Fibres de coco (100%) Liaison par latex naturel sur une face				Facile à dérouler, bonne résistance à la traction. Faible dégradation du feutre à l'interface sol-air. Opaque à la lumière, il est rapidement attractif pour le lapin qui le détruit complètement. Ne subsistent que des amas de fibres sans effet paillant.
2	Amarande	Jute/chanvre	FJC BIO1000	Fibres de jute (50%), chanvre (50%). Support en mater bi	Fibres de jute recyclées (sacs alimentaires) Etoupes de chanvre avec chènevotte Feutre aiguilleté sur un support biodégradable (film Mater-bi, 18µ noir, grammage ?)	8 (± 5%)	1000 (± 5%)	A la pose, faible résistance à la traction manuelle (se déchire très facilement). Produit humide à la livraison et poussiéreux peu apprécié des poseurs. Produit arraché par le vent 2 semaines après sa mise en place : usage déconseillé sur talus venté sauf si enterrage des bords. Opaque à la lumière. Dégradation progressive du feutre à l'interface sol-air et blanchiment des fibres. Destruction progressive du feutre par grattages par le lapin favorisant les percements par les herbacés : effet paillant satisfaisant de 18 à 24 mois.
3			FJC BIO1400					A la pose, faible résistance à la traction manuelle (se déchire très facilement). Produit humide à la livraison et poussiéreux peu apprécié des poseurs. Opaque à la lumière. Dégradation progressive du feutre à l'interface sol-air et blanchiment des fibres. Destruction progressive du feutre par grattages par le lapin favorisant les percements par les herbacés : bon effet paillant de 18 à 24 mois, grâce à un grammage plus élevé.
4	Plantico	Jute/sisal	Plantcobio	Fibres de jute (70%), chanvre (30%). Support plastique	Fibres recyclées ou nobles, non traitées Chanvre sans chènevotte Feutre aiguilleté sur support syn hétique (blanc, épaisseur ?, grammage ?)	8 à 10	1000	A la pose, bonne résistance à la traction manuelle. Opaque à la lumière. Quelques grattages par le lapin et percements par les herbacés mais bon effet paillant. Pas de différence d'efficacité herbicide selon la composition et le % en fibres. Présence regrettable du support plastique qui contribue grandement à l'augmentation de la résistance à la déchirure du feutre lors de la pose (et peut-être de son efficacité herbicide) ; ce produit ne peut être qualifié de « biodégradable ». Dégradation du feutre à l'interface sol-air (seul reste visible le film de PP) et blanchiment des fibres. Destruction progressive du feutre par grattages par le lapin favorisant les percements par les herbacés : effet paillant satisfaisant de 18 à 24 mois.
5				Fibres de jute (50%), sisal (50%). Support PP	Fibres recyclées ou nobles, non traitées			
6				Fibres de jute (30%), sisal (70%). Support PP	Feutre aiguilleté sur support synthétique (blanc, épaisseur ?, grammage ?)			
8	Sotextho	Jute/bois	Thorenap 1400	Fibres de jute (70%) et bois (30%) Support biodégradable	Fibres de jute recyclées (sacs alimentaires) et de bois (pin sylvestre défibré) Feutre aiguilleté sur support inconnu (vert, 17µm, 21,25 gr/m ²)	10	1400	A la pose, résistance moyenne à la traction manuelle. Opaque à la lumière. Peu de fibres de bois visibles à l'œil nu. Produit poussiéreux, peu apprécié des poseurs. En revanche, présence d'un mandrin en carton au centre des rouleaux facilitant le déroulage de la bobine. Dégradation du feutre à l'interface sol-air et blanchiment des fibres. Destruction progressive du feutre par grattages par le lapin favorisant les percements par les herbacés : bon effet paillant de 18 à 24 mois, grâce à un grammage plus élevé.
9			Thorenap 1000	Fibres de jute (70%) et bois (30%) Support biodégradable	Fibres de jute recyclées (sacs alimentaires) et de bois (pin sylvestre défibré). Feutre aiguilleté sur support inconnu (noir, 60µ, 75 gr/m ²)			
10	Celloplast	Jute/latex	Rubio	Fibres de jute Liaison par latex naturel sur une face	Fibres de jute nobles (aiguilletage en Inde) Stabilisant latex sur face côté sol (enduction en France)	4	500	Grande résistance à la traction manuelle. Opaque à la lumière (face latex contre le sol). Perçage des agrafes net et franc (plus facile que sur feutre ; pas de déchirure au point d'impact). L'ouverture des entailles de plantation doit impérativement se faire en V (jamais dans le sens machine). Sèche vite après une averse. Aucun grattage par le lapin mais nombreuses déchirures longitudinales : dégradation mécanique progressive du paillis favorisant le développement des adventices. Effet paillant insuffisant au regard des autres feutres (sauf n°1) mais meilleur que les bioplastiques

5.5.2.3 Après 30 mois (31/10/2008)

D'une manière générale, on peut raisonnablement penser que :

- ~ sur délaissée autoroutière plane, la durabilité des feutres en fibres végétales à base d'un mélange de fibres de jute (50%)/chanvre (50%) ou jute (70%)/bois (30%) est comprise entre 18 et 24 mois pour un paillis de 1000 g/m² et de 30 à 36 mois pour un paillis de 1400 g/m² ;
- ~ sur talus pentu et ensoleillé sur lequel le feutre demeure sec de longues périodes, le cahier des charges peut être moins restrictif : un paillis de 1000 g/m² est un bon compromis technico-économique si l'on vise une durabilité de 3 saisons de végétation (30 mois max.) ;
- ~ l'augmentation du grammage du feutre, du % de fibres de chanvre ou de sisal constituent des alternatives plus chères mais certainement plus durables et moins sensibles aux aléas climatiques ; en particulier, aux risques de développement des adventices herbacées durant les années très humides ;
- ~ la pose à plat en surface avec agrafage est conseillée. L'agrafage est indispensable pour réduire la prise au vent des feutres et empêcher leur glissement en bas d'un talus pentu.

En cas d'enterrage des bords, le temps de pose est beaucoup plus élevé que par déroulage et agrafage de surface et la surface paillée à largeur constante de rouleau est moindre. S'il y a dégradation progressive du feutre à l'interface sol-air, les risques d'arrachage des bandes par le vent sont faibles, les feutres étant maintenus plaqués au sol par la végétation herbacée de bordure qui vient progressivement recouvrir les feutres.

Néanmoins, en présence de lapin, la durabilité des feutres en fibres naturelles est très fortement compromise au delà de 18 à 24 mois; ce gibier est un facteur de dégradation important qui contribue à la destruction plus ou moins rapide du paillis selon les types de fibre (très forte attractivité du coco) et le grammage du paillis (meilleure durabilité des feutres à 1400 g/m²).

5.5.3 Comportement des autres fournitures

5.5.3.1 Collettere Biofilm Sylva

Cette collettere mise au point par GROEN CREATIE s'est fortement dégradée (Photo 41) après 18 mois de présence sur site, exception faite des renforts latéraux et obliques épais qui assurent la rigidité initiale du produit et facilitent sa mise en place.

Les clous crantés (Photo 42) du même fabricant ne se biodégradent pas ; contrairement aux agrafes métalliques, ils ne ressortent pas du sol et garantissent le parfait placage de la collettere au sol.

5.5.3.2 Gaine grillagée BioProtect Sylva

Cette protection mécanique individuelle contre les dégâts du gibier ne se biodégrade pas au contact du sol et ne s'affaisse pas (Photo 43). Aucun rongement d'écorce des arbres protégés n'a été constaté après 30 mois de présence sur site.

Le grillage est néanmoins plus cassant lorsque l'on essaye de l'étirer, dès la 2^{ème} année sur site.



Photo 41 : Dégradation de la collettere Biofilm Sylva (18 mois)



Photo 42 : Très bonne tenue du Biopin® (18 mois)



Photo 43 : Bonne tenue du Bioprotect Sylva à 18 mois...



... et 30 mois.

6. CONCLUSIONS

Il s'agissait de sélectionner et caractériser une dizaine de produits de paillage biodégradables (génération de produits 2005-06). Il s'agissait ensuite d'apprécier leur durabilité par comparaisons visuelles et d'observer la dynamique de dégradation des paillis, en particulier à l'interface sol-air. En final, ce sont 14 bioplastiques et 11 feutres en fibres naturelles qui ont été sélectionnés et testés.

6.1 Choix des produits

Seuls les feutres de paillage en fibres naturelles peuvent être qualifiés de « paillis longue durée ». On peut raisonnablement penser que sur délaissées autoroutières (terrain plat), la durabilité des paillis de 1400 g/m² est comprise entre 30 et 36 mois ; pour un 1000 g/m², entre 18 et 24 mois. Sur talus sec et ensoleillé, un paillis de 1000 g/m² est suffisant. Néanmoins, en présence d'une forte densité de lapins, il faut s'attendre à des durabilités inférieures à 24 mois ; il sera alors préférable d'augmenter le grammage du feutre.

Quant aux bioplastiques, leur avenir en végétalisation ligneuse est possible à la double condition d'une augmentation de la durabilité (efficacité biologique de 36 mois validée par des essais in situ) des films et de la garantie de leur biodégradabilité au sens des normes européennes et nationales en vigueur. Actuellement, aucun des bioplastiques que nous avons testés ne satisfait à ce cahier de charges minimales.

Une 2^{ème} génération (2008-09) de bioplastiques a fait très récemment son apparition sur le marché des fournitures de paillage, dites de « longue durée » :

- ~ la société GROEN CREATIE propose une nouvelle version de son film Biofilm Sylva® à base d'amidon et d'un bio polymère de synthèse dont la formulation reste inconnue.

Ce produit aurait une durabilité minimale de 2,5 ans pour un film de 100 µ d'épaisseur. Ce produit est exclusivement distribué par les PEPINIERES LEMONNIER ; son prix de vente est compris entre 1,13 et 1,20 € HT/m² en rouleau de 250 m de long⁴ et à 1,53€ HT/m² en feuille carrée individuelle. Aucun test en champ n'a été réalisé par un organisme indépendant ;

- ~ la société AZENOS affirme également avoir résolu le problème de fragilité mécanique de son produit et commercialise récemment une nouvelle version de son paillis à base de fibres artificielles biodégradables (PLA) (Hortaflex® : <http://www.azenos.com/fiches/hortaflex.pdf>) dérivant à 100% de ressources renouvelables.

Pour rappel, la société américaine NATUREWORKS a mis au point le procédé de fabrication de fibres baptisées « INGENO », basé sur la fermentation, la distillation et la polymérisation (union de plusieurs molécules) du sucre issu du maïs. Le sucre fermenté permet en effet de créer des molécules d'acide lactique qui sont ensuite chauffées et traitées chimiquement afin de produire un polymère à base « d'acide polylactique » (PLA).

La durée de vie maximale de ce nouveau paillis serait de 3 ans (durabilité annoncée de 1000 jours max). Il est en vente directement chez AZENOS ou disponible auprès des PEPINIERES LEMONNIER à un prix compris entre 1,74 et 1,85 € HT/m² en rouleau de 250 m de long et à 2,12 € HT/m² en feuille carrée individuelle.

Grâce aux bactéries, moisissures et autres micro-organismes, ces 2 films auraient l'avantage de se décomposer intégralement pour se transformer en eau, dioxyde de carbone et humus (il en va de même pour les feutres en fibres naturelles), à la surface du sol (Biofilm Sylva) ou par compostage (Hortaflex). Le film de GROEN CREATIE serait le seul à ne pas devoir être retiré après 3 ans de présence en champs puisqu'il se dégraderait naturellement sur la surface du sol au sens du label « OK Biodégradable sol » de Vinçotte ; contrairement à l'Hortaflex qui induirait des coûts de dépose et de compostage. Ceci reste à vérifier.

6.2 Mise en œuvre

Pour garantir leur durabilité (en particulier, la résistance au vent), il est impératif de respecter les règles suivantes :

- ~ les bandes de bioplastiques seront posés avec bords enterrés. Sur un sol sec et caillouteux, chaque bord du film sera enfoui sur au minimum, 20 cm de profondeur ; cela correspond à une surface paillante hors sol de 80 cm pour un film commercialisé en 120 cm de large. Utiliser des agrafes assez grandes (30 cm de profondeur min. et 10 à 30 cm de largeur), positionnées tous les mètres pour garantir un bon placage au sol.

⁴ Par comparaison, le paillage plastique en polyéthylène traité anti U.V. de 80 µ se négocie aux alentours de 30 et 40 cts d'euro HT par m² et le feutre de fibres naturelles jute-bois Thorenap® 1000 g/m² en bande entre 1,54 et 1,64€ HT/m² et entre 2,17 et 2,49 € en dalle carrée de 1400 g/m² (Source : http://www.pepinieres-lemonnier.com/pdf_files/comptoir_paillage/comptoir-paillage.pdf).

Sur sol plus humide et limono – argileux, l'agrafage des bords dans les tranchées n'est pas indispensable. La biodégradation de ces films étant rapide à l'interface sol – air, la végétation naturelle interbande ne sera pas débroussaillée car cette protection naturelle permet de réduire la prise au vent du film dès qu'il est dégradé ; l'agrafage de renforcement en surface est déconseillé ;

- ~ il est conseillé de plaquer les feutres en fibres naturelles au sol par des agrafes métalliques en bordure et sans enfouissement des bords ; les agrafes seront parfaitement époutées pour faciliter le percement du feutre. La pose à plat est préférable car le feutre se dégrade dès qu'il est enfoui en terre, à l'interface sol-air ; en toute logique, à largeur de bandes égale, la surface paillante est plus importante sur un feutre posé à plat qu'à bords enterrés. En cas de tuilage, la superposition des lés se fera sur au moins 10 cm avec positionnement du lé supérieur sous le vent (et non pas au vent, ce qui risquerait de provoquer son soulèvement puis, son arrachage).

Si ces conditions de mises en œuvre sont bien connues maintenant, d'importants efforts de description des produits restent à faire.

7. PERSPECTIVES

Il n'a pas été possible de caractériser correctement les propriétés techniques de ces paillis car la plupart des fournisseurs de ces nouveaux biomatériaux sont incapables de :

- ~ prouver la biodégradabilité réelle de leur produit. Le vocabulaire sur les matériaux biodégradables est complexe et souvent galvaudé (à l'exemple de ce feutre dit « paillage biodégradable » en fibres végétales aiguilletés sur un non tissé en plastique synthétique type viscose ou polypropylène) ce qui ne simplifie le choix par l'utilisateur.

Les vocables utilisés par les fabricants comme « biopolymères » ou « bioplastiques » sont souvent vides de sens. Il vaudrait mieux parler de matériaux conformes aux normes en vigueur, en particulier NF EN 13432 (Emballages. Exigences relatives aux emballages valorisables par compostage et biodégradation. Programme d'essai et critères d'évaluation de l'acceptation finale des emballages) et/ou NFU 52001 (Matériaux biodégradables pour l'Agriculture et l'Horticulture. Produits de paillage. Exigences et méthodes d'essais).

Si nombre de matériaux biodégradables sont actuellement au point, des doutes subsistent quant à leur biodégradabilité réelle. A ce jour, il n'existe aucun paillis pour ligneux certifié et/ou labellisé (type « Ok Biodégradabilité Sol » ou « OK Compost ») par un organisme reconnu garantissant les performances du produit dans le respect des normes européenne et française ;

- ~ fournir une fiche technique complète de leur produit renseignant avec précision leur composition réelle (familles-types de composants principaux dans l'ordre décroissant d'importance : 3 premiers composants), leur longueur, largeur et épaisseur et/ou grammage/masse surfacique, classe du produit (selon la norme NF 52001) et leur mode de conditionnement, leur taux d'humidité ou de matière sèche, leur transmission lumineuse (paramètre important lorsque l'on demande un produit opaque à la lumière), leur résistance à l'allongement (longitudinale et transversale) et leur contrainte de rupture (paramètre utile pour la mécanisation de la pose), leur résistance au choc et à la déchirure amorcée (le piétinement par les animaux influent sur la durabilité et l'efficacité herbicide du paillis), leur température de fusion ou d'inflammabilité, leur perméabilité à l'eau pluviale et la vapeur d'eau.

Il conviendrait aussi de préciser la concentration des éléments chimiques non organiques (As, Cd, Cr, Cu, F, Hg, Ni, Mo, Pb, Se et Zn) et confirmer l'absence de certains composés organiques nocifs pour l'environnement, en particulier vis-à-vis de sols ou de l'eau (composés de certains carbamates, certaines amines aromatiques, certains phtalates et autres substances figurant dans la directives européenne n°67/548) ;

- ~ fournir des normes de mesure (type ISO) de ces paramètres physiques de manière à pouvoir en vérifier l'exactitude (par exemple, les % annoncés de fibres ou les taux d'humidités sont-ils incontestables ? Rien n'est moins sûr alors que le prix de revient et de vente des paillis dépendent fortement de ces critères) ;

Compte tenu du prix de vente de ces bioproduits (2 à 3 fois plus cher que le film plastique), il est indispensable que les fabricants et les distributeurs clarifient leur offre et informent correctement l'utilisateur final sur la qualité de leurs produits.

En parallèle, les utilisateurs et les prescripteurs doivent augmenter leur niveau d'exigences. Les critères de qualité minimale souhaités et relatifs aux propriétés physiques, mécaniques et chimiques et leurs normes d'évaluation, à la biodégradabilité réelle des produits finis et labels associés, ainsi qu'aux méthodes de mise en œuvre doivent faire l'objet d'une définition précise et d'une description détaillée dans les « Cahiers de Clauses Techniques Particulières (CCTP) » associés aux projets de végétalisation ligneux.

8. ANNEXES

8.1 Annexe 1 : Fournisseurs

N°	Fournisseur	Statut	Contact	Adresse	Téléphone	Email	Site internet
1	AMARANDE	Fabricant	Pierre VAUBOURDOLLE	Route de Persac 86320 Lussac les Châteaux	Fixe : 05 49 84 93 44 Fax : 05 49 84 94 24 GSM : 06 08 37 20 03	Amarande.feutres.ouates@wanadoo.fr	-
2	AZENOS	Distributeur	Xavier RICHARD	21, rue du Faubourg d'Arras 59000 Lille	Fixe : 03 20 88 18 75 Fax : 03 20 54 12 33 GSM : 06 20 47 72 28	richard@azenos.com	www.azenos.com
3	CELLOPLAST	Distributeur	Dominique LANDELLE	13 Route de Préaux – BP 26 53340 Ballée	Fixe : 02 43 64 14 14 Fax : 02 43 98 49 97 GSM : 06 82 80 96 11	d.landelle@celloplast.fr	www.intermas.com
4	GROEN CREATIE	Distributeur	Karl FONTEYNE	Binnenweg 4 9772 Wannegem – Lede (Belgique)	Fixe : +32 (0)9 383 72 49 Fax : +32 (0)9 383 72 49 GSM : +32 (0)486 83 59 36	fonteyne@groen.creatie.be	www.groencreatie.be
5	HORTERRA	Distributeur	Catherine FONTAINE	9, rue du Gué 92500 Rueil-Malmaison	Fixe : 01 47 16 14 55 Fax : 01 47 16 14 55 GSM : 06 77 97 16 93	c.fontaine@horterra.fr	www.horterra.fr
6	ISOROY	Fabricant	BATY	30, rue Belloc – Route de Cocumont, 47700 Casteljaloux	Fixe : 05 53 93 04 78 Fax : 05 53 93 52 19	-	www.isoroy47.com
7	PANTEK FRANCE	Distributeur	Michel MENARD	6, avenue Paul Doumer 78360 Montesson	Tél. : 01 30 15 64 70 Tél. : 01 30 15 64 79 GSM : 06 60 43 81 47	pantek-France@wanadoo.fr	www.pantek-france.fr
8	PLANTCO FRANCE	Distributeur	Guillaume DECAZES	ZA de la Croche 86320 Civaux	Fixe : 05 49 85 58 32 Fax : 05 49 84 58 31 GSM : 06 22 52 23 82	gd@plantco.fr	www.plantco.fr www.genie-vegetal.com
9	SO.TEX.THO	Fabricant	Alain RECOULES	Avenue du Moulin – BP 2 81240 Saint Amans Valtoret	Fixe : 05 63 98 41 22 Fax : 05 53 83 31 68 GSM : 06 24 94 66 69	alainrecoules@wanadoo.fr	www.sotextho.net

8.2 Annexe 2 : Films bioplastiques

Film n°	Fournisseur	Marque	Matériau	Spécification	Epaisseur (μ)	Masse surfacique (g/m ²)	Format	Longueur (m)	Largeur (cm)	Poids (kg)	Prix indicatif € HT (m ²)	Essai										Total (ml)				
												B1 (ml)		B2 (ml)		B3a (ml)		B3b (ml)		H (ml)		Est	Réal			
												Est	Réal	Est	Réal	Est	Réal	Est	Réal	Est	Réal					
1	Celloplast	Climavigne AI2V	Polyéthylène	Feuille simple anti-UV, NF	80	98	Rouleau	524	125	80	0,18	812	897	-	-	-	-	-	-	-	-	812	897			
2	Groen Creatie	Biofilm Sylva	Mater-bi NF 803 P (grade B commercialisé)	Feuille simple	80	96		433	120	50	0,64	174	180	-	-	-	-	-	-	-	-	-	174	180		
3					120	144		288	120	50	0,94	174	174	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	174	174
4					150	180		231	120	50	1,17	174	178	-	-	336	48	-	-	-	-	-	-	-	-	510
5	Plantco	Plantcobio 3G	Mater-bi NF 806 (grade B amélioré, non commercialisé)	Matière conforme aux normes : EN 13432, DIN 54900, UNI 10785,	60	86		200	150	25,8	0,90	174	163	-	-	-	-	-	-	-	-	-	174	163		
6					140	201		180	140	51		174	173	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	174	173
7					Amarande	Biofilm 60 Vert		Mater-bi NF 866 (grade C, non commercialisé)	Certification EU OK	60	76,8	250	110	29	0,70	174	166	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Celloplast	Paillage 100 % biodégradable	Mater-bi NF 866 (grade C, non commercialisé)	Compost (AIB Vinçotte), Ecocert	80	98		400	125	48	0,95	174	161	-	-	-	-	-	-	-	-	-	174	161		
9					120	144		400	125	72		174	161	-	-	-	145	-	-	-	-	-	-	-	174	306
10					150	180		400	125	90		174	158	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	174
11	Pantek	Ecopac Film	Mater-bi NF 803 P (grade B commercialisé)	Feuille à bords renforcés	80/ 160	132		250	120	40	0,70	174	167	-	-	-	-	-	-	-	-	-	174	167		
12			Mater-bi NF 866 (grade C, non commercialisé)		80/ 160	132		250	120	40	0,80	174	146	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	174	146	
13	Sotextho	Prototype	Bioplastique de composition inconnue	Feuille simple	60	75		200	120	21		174	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	174	57		
14	Azenos	Prototype	Bioplastique en PLA		80	100			140				-	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	57	
15					100				140						-	-	-	-	75	-	-	-	-	-	-	75
TOTAL												2900	2838	-	-	336	268	-	-	-	-	-	-	3236	3106	

8.3 Annexe 3 : Collerettes bioplastiques pour films

Col n°	Fournisseur	Marque	Matériau	Epaisseur (μ)	Masse (g/m ²)	Format	Longueur (m)	Largeur (cm)	Essai										Total (U)	
									B1 (U)		B2 (U)		B3a (U)		B3b (U)		H (U)		Est	Réal
									Est	Réal	Est	Réal	Est	Réal	Est	Réal	Est	Réal		
1	Celloplast	Climavigne AI2V	Polyéthylène	80	76,32	Carré pré fendu	40	40	406	435	-	-	-	-	-	-	-	406	435	
2	Groen Creatie	Biofilm Sylva	Mater-bi NF 803 P	80	96		40	40	261	253	-	-	88	59	-	-	-	-	349	312
3	Pantek	Ecopac Film			102		40	40	87	79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	87
4	Plantco	Plantcobio 3G	Mater-bi NF 806	60	86		40	40	174	160	-	-	-	-	-	-	-	-	174	160
5	Amarande	Biofilm 60 Vert	Mater-bi NF 866	60	76,8		40	40	87	78	-	-	-	-	-	-	-	-	87	78
6	Celloplast	Paillage 100 % biodégradable		80	96		40	40	348	283	-	-	-	-	-	-	-	-	348	283
7	Pantek	Ecopac Film		102	40		40	87	66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	87	66
8	Groen Creatie	Biofilm Sylva	Compound GC	80	200		40	40	-	-	-	-	40	27	-	-	-	-	40	27
TOTAL									1450	1354	-	-	128	86	-	-	-	1578	1440	

« Est » = Quantité estimé – « Réal » = Quantité réalisée

8.4 Annexe 4 : Feutres de fibres naturelles

Feutre n°	Fournisseur	Type de feutre	Marque	Matériau	Spécifications	Epaisseur (mm)	Masse surfacique (g/m ²)	Format	Longueur (m)	Largeur (cm)	Poids (kg)	Fourchette de prix €HT (m ²)	Essai						Total (ml)									
													B1 (ml)		B2 (ml)		B3a (ml)		B3b (ml)		H (ml)		E	R				
													E	R	E	R	E	R	E	R	E	R						
1	Horterra	Jute/sisal/ Coco/latex	Bonflora	Fibres de jute (20%), sisal (10%) et coco (70%) sur couche de latex	Feutre collé	10	1000		30	100	30	3,09 à 3,48	-	-	91	83	-	-	-	-	-	-	91	83				
1 bis		Coco/latex											Fibres de coco (100%) sur couche de latex	-	-	-	-	-	-	-	-	57	-	-	-	-	-	-
2	Amarande	Jute/chanvre	FJC BIO1000	Fibres de jute (50%), chanvre (50%). Support en mater bi	Fibres de jute recyclées (sacs alimentaires) Etoupes de chanvre avec chènevette Feutre aiguilleté sur un support biodégradable (film Mater-bi, 18µm noir, grammage ?)	8 ± 5 %	1000 ± 5 %		25	105	26	0,9 à 1,35	-	-	91	86	-	-	-	-	-	-	91	86				
3			FJC BIO1400			10 ± 5 %	1400 ± 5 %						25	105	37	1 à 1,50	-	-	91	90	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Plantco	Jute/sisal	Plantcobio	Fibres de jute (70 %), chanvre (30 %). Support plastique	Fibres recyclées ou nobles, non traitées Chanvre sans chènevette Feutre aiguilleté sur support synthétique (blanc, épaisseur ?, grammage ?)	8 à 10	1000		25	105	26,25	1,10 à 1,15	-	-	91	91	-	-	-	-	-	-	91	91				
5			Plantcobio	Fibres de jute (50 %), sisal (50 %). Support plastique	Fibres recyclées ou nobles, non traitées	8 à 10	1000						25	100	25	1,40	-	-	91	89	-	-	-	-	-	-	91	89
6			Plantcobio	Fibres de jute (30 %), sisal (70 %). Support plastique	Fibres recyclées ou nobles, non traitées Feutre aiguilleté sur support synthétique (blanc, épaisseur ?, grammage ?)	8 à 10	1000						25	100	25	1,50 à 1,60	-	-	91	87	-	-	360	313	-	-	-	-
7		Jute	Plantcobio	Fibres de jute (100 %) Support plastique	Fibres recyclées ou nobles, non traitées	8 à 10	1000		25	105	25	1,10 à 1,20	-	-	-	-	-	-	360	365	-	-	360	365				
8	Sotextho	Jute/bois	Thorenap 1400	Fibres de jute (70 %) et bois (30 %) Support biodégradable	Fibres de jute recyclées (sacs alimentaires) et de bois (pin sylvestre défibré) Feutre aiguilleté sur support inconnu (vert, 17µm, 21,25 gr/m ²)	10	1400						50	110	77	1,54	-	-	91	84	-	-	-	-	-	-	91	84
9			Thorenap 1000	Fibres de jute (70 %) et bois (30 %) Support biodégradable	Fibres de jute recyclées (sacs alimentaires) et de bois (pin sylvestre défibré). Feutre aiguilleté sur support inconnu (noir, 60µm, 75 gr/m ²)	8	1000						50	140	70	1,54	-	-	91	83	-	-	315	261	-	-	-	406
10	Celloplast	Jute/latex	Rubio	Fibres de jute Liaison par latex naturel sur une face	Fibres de jute nobles (aiguilletage en Inde) Stabilisant latex sur face côté sol (enduction en France)	4	500		50	100	25	2,75	-	-	-	119	-	-	-	-	-	-	-	119				
11	Azenos	Jute/sisal/PLA	?	Jute (30%) et sisal (70%) + support PLA noir	Fibres recyclées ou nobles, non traitées Feutre aiguilleté sur support biodégradable (noir, épaisseur ?, grammage ?)	8 à 10	1000						30	100	30	?	-	-	-	-	-	-	-	83	-	-	-	83
TOTAL													-	-	728	813	-	-	1035	1079	-	-	1763	1892				

8.5 Annexe 5 : Collerettes de fibres naturelles

Feutre n°	Fournisseur	Type de feutre	Marque	Matériau	Epaisseur (mm)	Masse surfacique (g/m ²)	Format	Longueur (m)	Largeur (cm)	Poids (kg)	Fourchette de prix € HT (m ²)	Essai								Total (U)				
												B1 (U)		B2 (U)		B3a (U)		B3b (U)		H(U)		E	R	
												E	R	E	E	E	R	E	R	E	R			
1	Sotextho	Jute/bois	Thorenap 830	Jute (70%) et bois (30%), support biodégradable	8	800	Carré pré-fendu	30	30	?	?	-	-	-	66	-	-	-	-	-	-	-	66	
TOTAL												-	-	-	66	-	-	-	-	-	-	-	-	66

8.6 Annexe 6 : Agrafes

Dispositif	Fournisseur	Essai										Total (U)	
		B1 (U)		B2 (U)		B3a (U)		B3b (U)		H (U)		Estimé	Réalisé
		Estimé	Réalisé	Estimé	Réalisé	Estimé	Réalisé	Estimé	Réalisé	Estimé	Réalisé		
Agrafe en U (20 x 50 x 20 cm) pour film/feutre : fer béton torsadé et épointé Ø 6 mm	ASF	648	852	370	576	88	102	460	444	-	-	1 566	1 974
Agrafe en U (20 x 30 x 20 cm) pour collerette/feutre : fer béton torsadé et épointé Ø 6 mm		2 900	13 532	-	80	88	52	-	-	-	-	2 988	13 664
Agrafe en U (20 x 20 x 20 cm) pour paillis : fer béton torsadé et épointé Ø 6 mm		-	-	-	-	-	-	-	157	780	795	780	952
Fil de fer non galvanisé Ø 0,7 mm		-	-	569 ml	-	-	-	-	-	-	-	569 ml	-
Agrafes en L type Picanter (4 x 9 x 22 cm) fer à béton torsadé et épointé Ø 4,5 mm	Plantco	-	-	660	766	-	-	978	920	-	-	1 638	1 686
Agrafe en U (20 x 20 x 20 cm) pour film : bambou Ø 5 mm	Celloplast	-	-	-	-	220	224	-	-	-	-	220	224
Clou biodégradable « Biopin » pour collerette/paillis : corps : 200 x 12 mm ; tête : 40 x 29 mm ; barbes : 6	Groen Creatie	-	-	-	-	160	108	-	-	120	120	280	228

8.7 Annexe 7 : Protections contre le gibier

Dispositif	Fournisseur	Protection (*)	Essai										Total (U)	
			B1 (U)		B2 (U)		B3a (U)		B3b (U)		H (U)		Estimé	Réalisé
			Estimé	Réalisé	Estimé	Réalisé	Estimé	Réalisé	Estimé	Réalisé	Estimé	Réalisé		
Manchon grillagé en mater-bi H 50 cm ; Ø 14 cm	Groen creatie	Type α	575	-	-	-	93	-	-	-	-	-	668	-
		Type β	575	400	-	132	-	64	-	24	-	120	575	740
Manchon grillagé en mater-bi H 120 cm ; Ø 14 cm	Groen creatie		-	-	-	-	-	-	-	-	130	-	130	-
Mandrin biodégradable H 120 cm ; Ø 14 cm	Ahlstrom		-	-	-	-	-	-	-	-	130	123	130	123
Bambou 60 cm Ø 6/8	ASF		2 282	800	-	264	186	128	-	48	-	240	2 468	1 480
Tuteur châtaignier H 150 cm C 9/11	ASF		-	-	-	-	-	-	-	-	260 U	123	260	123

(*) 2 modèles : petites mailles (type α) et grandes mailles (type β)

8.8 Annexe 8 : Essai B1 (Boisement de talus sur film bioplastique)

8.8.1 Objectif

Etude de :

- la durabilité des bioplastiques en fonction du matériau constitutif (Mater bi NF 803 P, 806 et 866, NatureWorks PLA et Biolice) et de l'épaisseur (60, 80, 120, 140 et 150 µm) du produit ;
- la résistance au vent après enfouissement des bords des films et leur fixation éventuelle par agrafage ;
- la dynamique de dégradation des films, en particulier à l'interface sol – air des bords des films enterrés ;
- la durabilité d'un prototype bioplastique de protection individuelle mécanique contre les dégâts du lapin.

Diagnostic annuel par observations visuelles non quantifiées réalisées durant 3 années consécutives.

8.8.2 Projet de végétalisation ligneuse

8.8.2.1 Chantier

Variable		Estimée	Réalisée
Talus	• Longueur :	397 m	
	• Largeur :	Min. : 8,5 m Max. : 14,5 m Moyenne : 11,5 m	Min. : 9 m Max. : 16 m Moyenne : 12,98 m
	• Pente :	42 à 45 %	
Surface de l'essai	• Boisement :	4 564 m ²	5 416 m ²
	• Paillage :	2 282 m ²	2 708 m ²
	• Bandes de paillage :	200 U	
Densité	• Espèce	Robinia pseudoacacia RN 30/60	Robinia pseudoacacia RN 30/60
	• Espacement inter et intra bandes :	2 m x 2 m (soit, 1 plant/4 m ²)	
	• Quantité	1 141 U	1 354 U
Schéma de plantation	• Rangement	en quinconce	
	• Typologie de boisement :	schéma B1 « prévisionnel »	«schéma B1 « réalisé »
Protection contre le gibier	• Type : manchon grillagé en Mater-bi	petites (α) et grandes mailles (β)	grandes mailles (β)
	• Hauteur :	50 cm ; Ø : 14 cm	
	• Quantité :	1 141 U (α : 575 U et β : 575 U)	400 U (2 premiers plants de chaque bande)
	• Fournisseur :	Groen Creatie (B)	
Tuteur	• Type :	bambou 60 cm Ø 6/8 ; 2 par arbre	
	• Quantité :	2 282 U	800 U

8.8.2.2 Films

Variable		Estimée	Réalisée
Pose	• Film :	12 produits biodégradables testés + 1 film plastique	13 produits biodégradables testés + 1 film plastique
	• Mode :	En bande avec enfouissement des bords de film	
	• Fixation au sol :	Avec (mod. B) ou sans (mod. A) agrafage de renforcement latéral en surface	
		Bords latéraux enterrés sur 10 à 25 cm de profondeur selon la largeur initiale des films sans agrafage au niveau des tranchées	Bords latéraux enterrés sur 20 cm de profondeur avec agrafage au niveau des tranchées d'enfouissement
		Avec (mod. B) ou sans (mod. A) agrafage des bords en haut/ bas de talus sur 10 cm avant enfouissement	Agrafage et enfouissement des bords en haut/ bas de talus sur 20 cm
	• Largeur hors sol :	1 m	0,8 à 1,1 m selon le produit
• Collerette :	Carré (40 x 40 cm) pré-fendu au pied de chaque plant		

8.8.2.3 Mode d'agrafage

Localisation	Prévu		Réalisé	
	Pose (A)	Pose (B)	Pose (A)	Pose (B)
Bords haut et bas de talus	Non	Agrafes en U (20 x 50 x 20 cm) pour film : fer à béton torsadé et épointé Ø : 6 mm	Agrafes en U (20 x 50 x 20 cm) pour film : fer à béton torsadé non épointé Ø : 6 mm	Agrafes en U (20 x 50 x 20 cm) pour film : fer à béton torsadé non épointé Ø : 6 mm
Renforcement de surface	Non			
Collerette	Agrafes en U (20 x 30 x 20 cm) pour collerette : fer à béton torsadé et épointé Ø : 6 mm		Agrafes en U (20 x 30 x 20 cm) pour collerette : fer à béton torsadé non épointé Ø : 6 mm	
Encrage du film	Non			

8.8.2.4 Modes de végétalisation

Variable	Estimée	Réalisée
• Modes de végétalisation testés	12 films de paillage x 2 types de fixation = 24 typologies	14 films de paillage x 2 types de fixation = 28 typologies

8.8.3 Fournitures

8.8.3.1 Films de paillage

Film n°	Fournisseur	Marque	Matériau	Spécification	Épaisseur (µm)	Masse (g/m²)	Largeur (cm)	Estimé		Réalisé	
								Bandes (U)	Quantité de produit (ml)	Bandes (U)	Quantité de produit (ml)
1	Celloplast	Climavigne A12V	Polyéthylène	Feuille simple	80	98	125	56	812	56	897
2	Groen Creatie	Biofilm Sylva	Mater-bi NF 803 P (grade B)		80	96	120	12	174	12	180
3					120	144	120	12	174	12	174
4					150	180	120	12	174	12	178
5	Plantco	Plantcobio 3G	Mater-bi NF 806 (grade B+)		60	86	150	12	174	12	163
6					140	201	140	12	174	12	173
7	Amarande	Biofilm 60 Vert	Mater-bi NF 866 (grade C)		60	76,8	150	12	174	12	166
8	Celloplast	Paillage 100 % bio			80	98	125	12	174	12	161
9					120	144	125	12	174	12	161
10					150	180	125	12	174	12	158
11	Pantek	Ecopac Film	Mater-bi NF 803 P (grade B)	Feuille à bords renforcés	80/160	102	120	12	174	12	167
12			Mater-bi NF 866 (grade C)		80/160	102	120	12	174	12	146
13	Sotextho	Prototype	Bio plastique inconnu	Feuille simple	60	75	140	12	174	6	57
14	Anovos	Prototype	Bio plastique en PLA		80	100	140	0	0	6	57
Total								200	2 900	200	2 838

8.8.3.2 Collerettes

Collerette n°	Fournisseur	Marque	Matériau	Spécification	Épaisseur (µm)	Largeur (cm)	Longueur (cm)	Estimé		Réalisé	
								Bandes (U)	Collerettes (U)	Bandes (U)	Collerettes (U)
1	Celloplast	Climavigne A12V	Polyéthylène	Feuille simple carrée e préfendue	80	40	40	56	406	56	435
2	Groen Creatie	Biofilm Sylva	Mater-bi NF 803 P (grade B)					36	261	36	253
3	Pantek	Ecopac Film						12	87	12	79
4	Plantco	Plantcobio 3G	Mater-bi NF 806 (grade B+)		60			174	24	160	
5	Amarande	Biofilm 60 Vert	Mater-bi NF 866 (grade C)		60			87	12	78	
6	Celloplast (*)	Paillage 100 % bio			48			348	48	283	
7	Pantek	Ecopac Film			12			87	12	66	
Total								200	1 450	200	1 354

(*) collerette Celloplast aussi à mettre sur paillis Sotextho et Anovos

8.8.3.3 Agrafes

Produit	Localisation	Estimé			Réalisé		
		Pose (A) (U)	Pose (B) (U)	Total (U)	Pose (A) (U)	Pose (B) (U)	Total (U)
Agrafe 20x50x20 cm	Fixation bande haut et bas de talus	0	144	144	256	144	400
	Renforcement de surface	0	504	504	0	452	452
	Total	0	648	648	256	596	852
Agrafe 20x30x20 cm	Fixation collerette	1 856	1 044	2 900	1 796	912	2 708
	Encrage du film	0	0	0	7 176	3 648	10 824
	Total	1 856	1 044	2 900	8 972	4 560	13 532

8.8.4 Implantation des bandes

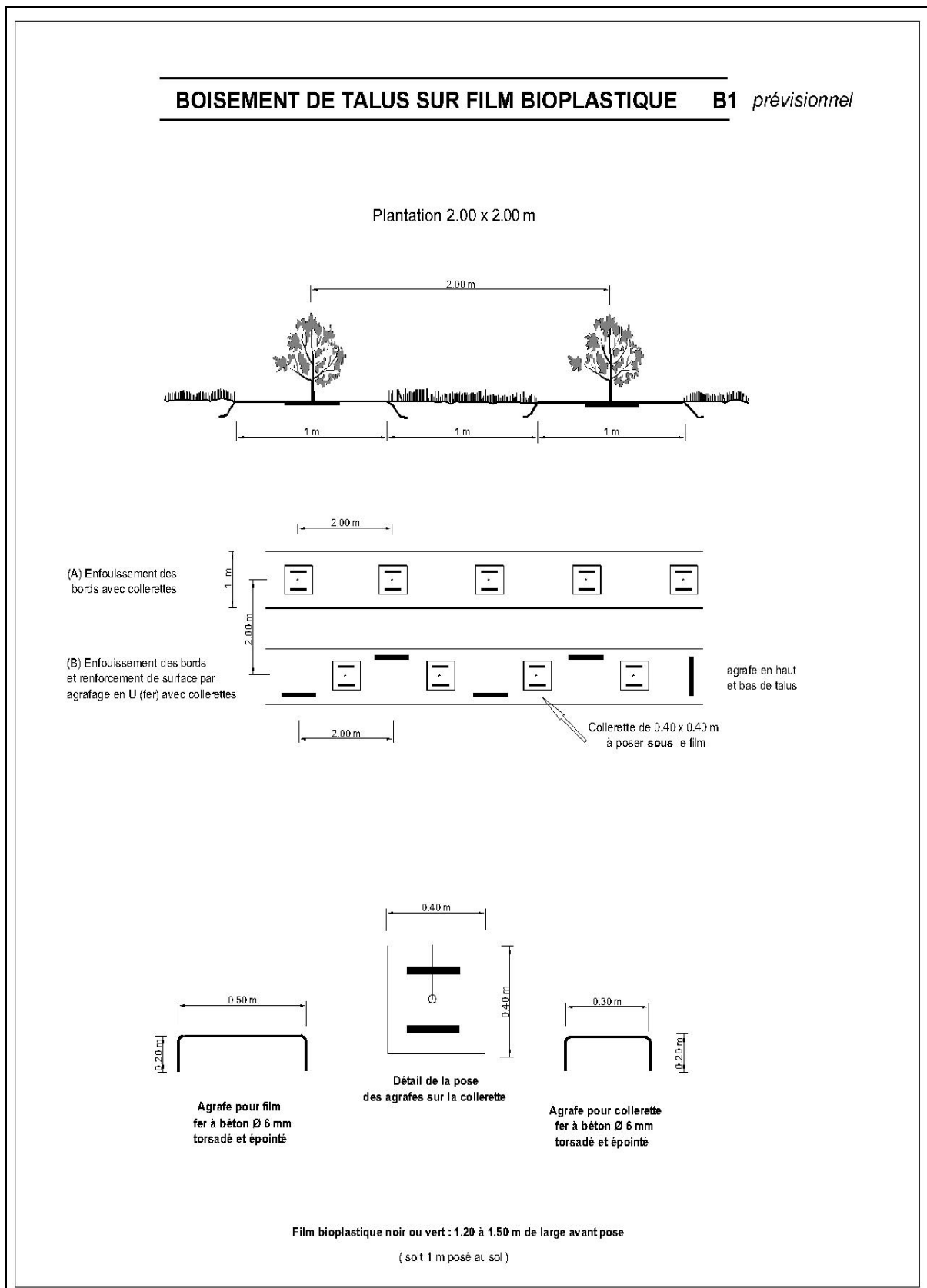
<--- vers essai B2														vers entrée du chantier --->															
Film n°	1		2		3		4		11		5		6		7		8		9		10		12		13		14		
Collerette n°	1		2		2		2		3		4		4		5		6		6		6		7		6		6		
Pose	A		A B		A B		A B		A B		A B		A B		A B		A B		A B		A B		A B		A B		A B		
Estimé	Protection type		α β		α β		α β		α β		α β		α β		α β		α β		α β		α β		α β		α β		α β		
	Bandes (U)		28	28	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Réalisé	Protection type		β		β		β		β		β		β		β		β		β		β		β		β		β		
	Bandes (U)		28	28	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	3	3	3

(A) Pose extensive : fixation des collerettes

(B) Pose intensive : fixation des collerettes et renforcement des bords de paillis

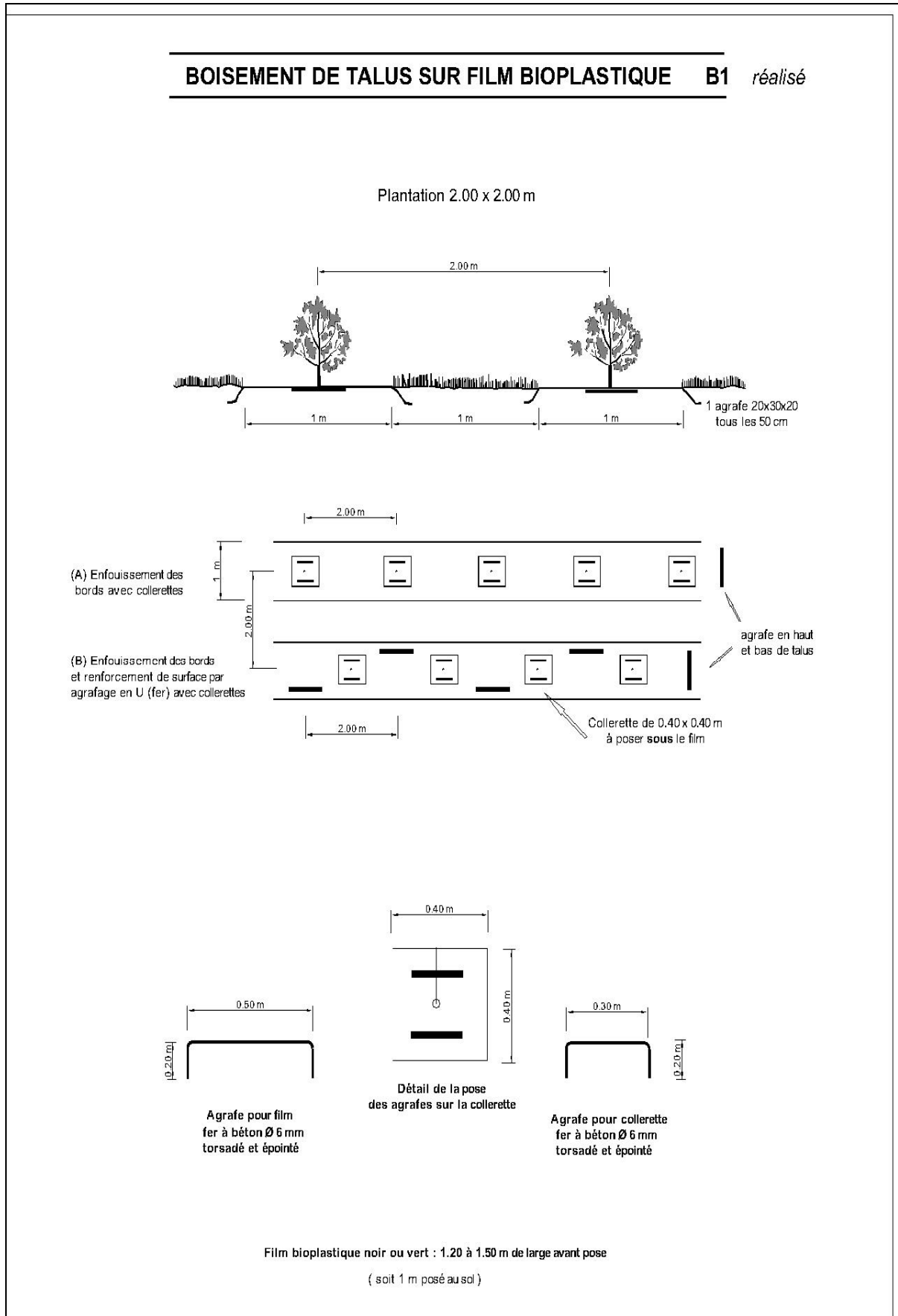
8.8.5 Typologie

8.8.5.1 Schéma prévisionnel



©ASF 2006

8.8.5.2 Schéma réalisé



8.9 Annexe 9 : Essai B2 (Boisement de talus sur feutre biodégradable)

8.9.1 Objectif

Etude de :

- la durabilité des feutres de fibres naturelles en fonction des matériaux constitutifs (jute, chanvre, sisal, coco, bois), des types de mélange, de l'épaisseur et de la masse surfacique du produit ;
- la dynamique de dégradation des feutres, en particulier à l'interface sol – air des bords des films enterrés ;
- la résistance au vent après agrafage des bandes de paillage ;
- la durabilité d'un prototype bioplastique de protection individuelle mécanique contre les dégâts du lapin.

Diagnostic annuel par observations visuelles non quantifiées réalisées durant 3 années consécutives.

8.9.2 Projet de végétalisation ligneuse

8.9.2.1 Chantier

Variable		Estimée	Réalisée
Talus	• Longueur :	200 m	
	• Largeur :	Min. : 11,5 m Max. : 13 m Moyenne : 12,2 m	Min. : 11,1 m Max. : 13,3 m Moyenne : 12,1 m
	• Pente :	42 à 45 %	
Surface de l'essai	• Boisement :	2 439 m ²	2 763 m ²
	• Paillage :	813 m ²	921 m ²
	• Bandes de paillage :	66 U	
Densité	• Espèce :	Robinia pseudoacacia RN 30/60	Robinia pseudoacacia RN 30/60
	• Espacement inter et intra bandes :	3 m x 3m (soit, 1 plant/9 m ²)	
	• Quantité :	271 U	307 U
Schéma de plantation	• Rangement :	en carré	
	• Typologie de boisement :	schéma B2	schéma B2 modifié
Protection contre le gibier	• Type : manchon en Mater-bi	non	grandes mailles
	• Hauteur :	-	50 cm ; Ø : 14 cm
	• Quantité :	-	132 U (2 premiers plants de chaque bande)
	• Fournisseur :	-	Groen Creatie (B)
Tuteur	• Type :		bambou 60 cm Ø 6/8 ; 2 par arbre
	• Quantité :	-	264 U

8.9.2.2 Feutres

Variable		Estimée	Réalisée	
Pose	• Feutre :	8 produits biodégradables testés	9 produits biodégradables testés	
	• Mode :	En bande sans enfouissement des bords du feutre	En bande avec ou sans enfouissement des bords du feutre	
	• Fixation au sol :	Agrafage de surface (mod. A) ou placage au sol par fil de fer non galvanisé (mod. B)	Enfouissement (mod. B et C). ou non (mod. A) des bords. Agrafage latéral de renforcement en surface	
		Aucun bord latéral enterré	Bords latéraux enterrés sur 20 cm (mod. B et C) sans agrafage au niveau des tranchées d'enfouissement	
		Aucun bord en haut/ bas de talus enterré	Agrafage avec (mod. B et C) ou sans (mod. A) enfouissement des bords haut/bas de talus sur 20 cm	
	• Largeur utile hors sol :	1 à 1,2 m	0,6 à 1,2 m selon le produit et la modalité de pose	
• Collerette :	Non	Carré (40 x 40 cm) pré fendu (uniquement produits n°8 et 9)		

8.9.2.3 Mode d'agrafage

Localisation	Estimé		Réalisé		
	Pose (A)	Pose (B)	Pose (A)	Pose (B)	Pose (C)
Bords haut et bas de talus	Agrafes en U (20 x 50 x 20 cm) : fer à béton torsadé et épointé Ø : 6 mm	-	Agrafes en U (20 x 50 x 20 cm) : fer à béton torsadé et non épointé Ø : 6 mm		
Renforcement de surface		-	Agrafes en U (20 x 50 x 20 cm) : fer à béton torsadé et non épointé Ø : 6 mm	Agrafes en L type Picanter (4 x 9 x 22 cm) : fer à béton torsadé et épointé Ø : 4,5 mm	Agrafes en U (20 x 30 x 20 cm) : fer à béton torsadé et non épointé Ø : 6 mm
Maintien du fil de fer	-	Agrafes en L type Picanter (4 x 9 x 22 cm) : fer à béton torsadé et épointé Ø : 4,5 mm	-	-	-
Collerette	Agrafes en L type Picanter (4 x 9 x 22 cm) : fer à béton torsadé et épointé Ø : 4,5 mm		Agrafes en L type Picanter (4 x 9 x 22 cm) : fer à béton torsadé et épointé Ø : 4,5 mm		

8.9.2.4 Modes de végétalisation

Variable	Estimée	Réalisée
• Modes de végétalisation testés	8 feutres de paillage x 2 types de fixation = 16 typologies	9 feutres de paillage x 3 types de fixation = 27 typologies

8.9.3 Fournitures

8.9.3.1 Feutres

Feutre n°	Fournisseur	Marque	Matériau	Epaisseur (mm)	Masse surfacique (g/m ²)	Largeur (cm)	Estimé		Réalisé	
							Bandes (U)	Quantité de produit (ml)	Bandes (U)	Quantité de produit (ml)
1	Horterra	Bonflora	Jute (20 %), sisal (10 %) et coco (70 %), latex synthétique sur une face	10		100	7	91	7	83.1
2	Amarande	FJC BIO1000	Jute (50%) et chanvre (50%), support mater bi	8	1 000	105	7	91	7	86
3		FJC BIO1400		10	1 400	105	7	91	7	89.8
4	Plantco	Plantcobio	Jute (70 %) et chanvre (30 %), support PP	8 à 10	1 000	100	7	91	7	91
5		Plantcobio	Jute (50 %) et sisal (50 %), support PP	8 à 10	1 000	100	7	91	7	88.7
6		Plantcobio	Jute (30 %) et sisal (70 %), support PP	8 à 10	1 000	100	7	91	7	87.2
8	Sotextho	Thorenap 1400	Jute (70 %) et bois (30 %), support biod.	10	1 400	110	7	91	7	84.3
9		Thorenap 1000	Jute (70 %) et bois (30 %), support biod.	8	1 000	120	7	91	7	83.2
10	Celloplast	Rubio	Jute, latex naturel sur une face	4	500	100	0	0	10	119
							56	728	66	813

8.9.3.2 Collerettes

Collerette n°	Fournisseur	Marque	Matériau	Spécification	Epaisseur (mm)	Largeur (cm)	Longueur (cm)	Estimé		Réalisé	
								Bandes (U)	Collerettes (U)	Bandes (U)	Collerettes (U)
1	Sotextho	Thorenap 830	Jute (70 %) et bois (30 %), support biodégradable	carré préfendu	8	30	30	-	-	14	66
Total								-	-	14	66

8.9.3.3 Agrafes et fil

Produit	Localisation	Estimé				Réalisé			
		Pose (A) (U)	Pose (B) (U)	Pose (C) (U)	Total (U)	Pose (A) (U)	Pose (B) (U)	Pose (C) (U)	Total (U)
Agrafe 20x50x20 cm	Fixation bande haut/bas de talus	74	-	-	74	74	38	20	132
	Renforcement de surface	296	-	-	296	444	-	-	444
	Total	370			370	518	38	20	576
Agrafe 4x9x22 cm	Fixation collerette	370	290	-	660	352	170	92	614
	Maintien du fil de fer	-	203	-	-	-	-	-	-
	Renforcement de surface	-	-	-	0	-	152	-	152
	Total	370	493		660	352	322	92	766
Agrafe 20x30x20 cm	Fixation collerette	-	-	-	-	-	-	-	-
	Renforcement de surface	-	-	-	-	-	-	80	80
	Total				0			80	80
Fil de fer non galvanisé (m)	Renforcement de surface	-	569	-	569	-	-	-	-
	Total		569		569				

8.9.4 Implantation des bandes

		<--- vers essai B3A												vers essai B1 --->														
Feutre n°	Pose	1			2			3			4			5			6			8			9			10		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Estimé	Bandes (U)	5	5	-	4	4	-	4	4	-	4	4	-	4	4	-	4	4	-	4	4	-	4	4	-	-	-	-
	Collerette n°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Protection type	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Réalisé	Bandes (U)	4	3	-	4	3	-	4	3	-	4	3	-	4	3	-	4	3	-	4	3	-	4	3	-	5	5	-
	Collerette n°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Protection type	β			β			β			β			β			β			β			β			β		

(A) : agrafage (type U) des feutres et de la fente (type L) de plantation

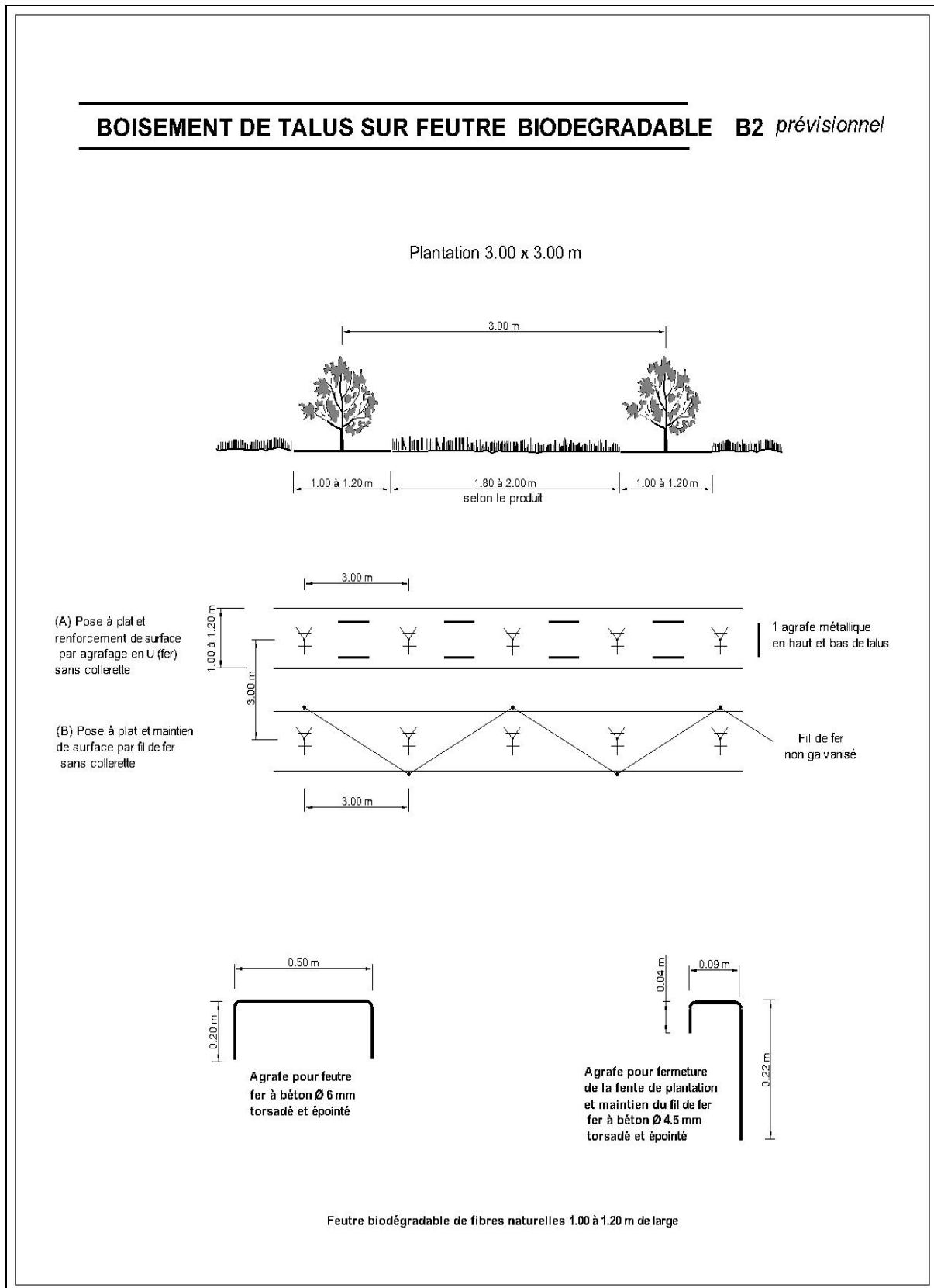
(B estimé) : maintien (type L) du feutre par fil de fer non galvanisé et agrafage de la fente (type L) de plantation

(B réalisé) : agrafage (type L) des feutres et de la fente (type L) de plantation

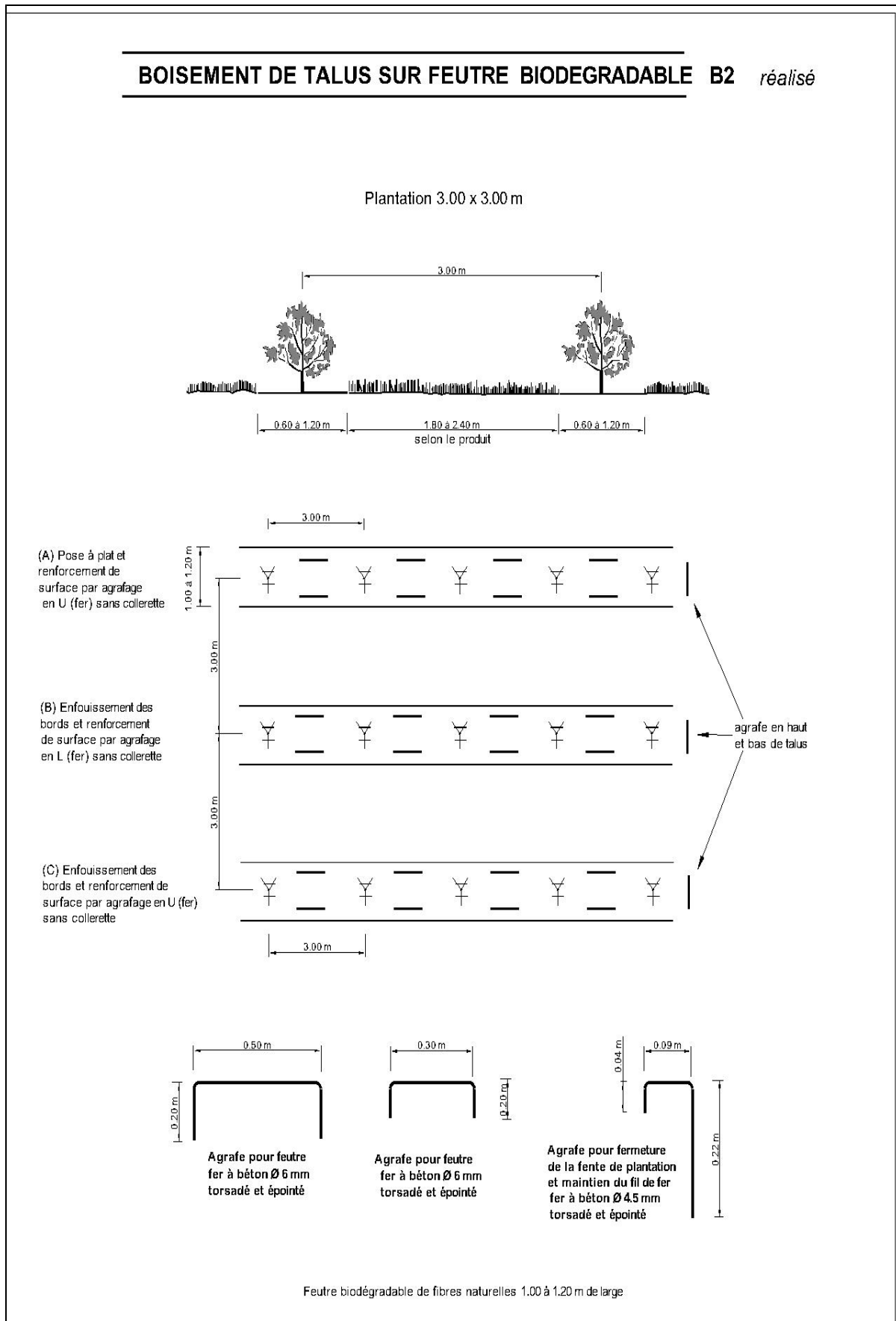
(C) : agrafage (type U) des feutres et de la fente (type L) de plantation

8.9.5 Typologie

8.9.5.1 Schéma prévisionnel



8.9.5.2 Schéma réalisé



8.10 Annexe 10 : Essai B3a (Boisement de talus sur film bioplastique)

8.10.1 Objectif

Etude de(s) :

- modalités de fixation des collerettes au moyen d'agrafes en fer ou bambou ou de clous biodégradables ;
- la résistance au vent après enfouissement des bords des films et leur renforcement éventuel par agrafage ;
- la dynamique de dégradation à l'interface sol – air des bords des films enterrés ;
- la durabilité d'un prototype biodégradable de protection individuelle mécanique contre les dégâts du lapin.

Diagnostic annuel par observations visuelles non quantifiées réalisées durant 3 années consécutives.

8.10.2 Projet de végétalisation ligneuse

8.10.2.1 Chantier

Variable		Estimée	Réalisée
Talus	• Longueur :	96 m	
	• Largeur :	Min. : 7 m Max. : 10,5 m Moyenne : 8,75 m	Min. : 5,8 m Max. : 9,5 m Moyenne : 8 m
	• Pente :	40 à 45 %	
Surface de l'essai	• Boisement :	840 m ²	774 m ²
	• Paillage :	280 m ²	258 m ²
	• Bandes de paillage :	32 U	
Densité	• Espèce	Cedrus atlantica – godet forestier 1+1 – 25/30 Pinus nigra « Laricio Corsicana » godet forestier 1+1 25/30 Cupressus sempervirens greffé « pyramidalis » C11 55/60	
	• Espacement inter et intra bandes :	3 m x 3 m (soit, 1 plant/9 m ²)	
	• Quantité	93 U (37 + 36 + 20)	86 U (34 + 32 + 20)
Schéma de plantation	• Rangement	en carré	
	• Typologie de boisement :	schéma B3a	schéma B3a modifié
Protection contre le gibier	• Type : manchon grillagé en Mater-bi	petites mailles (α)	grandes mailles (β)
	• Hauteur :	50 cm; Ø : 14 cm	
	• Quantité :	93 U	64 U (2 premiers plants de chaque bande)
	• Fournisseur :	Groen Creatie (B)	
Tuteur	• Type :	bambou 60 cm Ø 6/8 ; 2 par arbre	
	• Quantité :	186 U	128 U

8.10.2.2 Film

Variable		Estimée	Réalisée	
Pose	• Film :	1 produit biodégradable testé	3 produits biodégradables testés	
	• Mode :	En bande avec enfouissement des bords de film		
	• Fixation au sol :	Avec (mod. A, B) ou sans (mod. C) agrafage de renforcement latéral en surface	Avec (mod. A, B, D) ou sans (mod. C) agrafage de renforcement latéral en surface	
		Bords latéraux enterrés sur 10 cm de profondeur sans agrafage au niveau des tranchées	Bords latéraux enterrés sur 20 cm de profondeur sans agrafage au niveau des tranchées	
		Avec (mod. A, B) ou sans (mod. C) agrafage des bords en haut/ bas de talus sur 10 cm avant enfouissement	Agrafage et enfouissement des bords (A, B, C, D) en haut/ bas de talus sur 20 cm	
	• Largeur hors sol :	1 m	0,8 m	
• Collerette :	carré (40 x 40 cm) simple (mod. A, B) au dessous ou carré (50 x 50 cm) renforcé (mod. C) au-dessus du film	carré (40 x 40 cm) simple (mod. A, B) au dessous ou carré (50 x 50 cm) renforcé (mod. C, D) au-dessus du film		

8.10.2.3 Fixation

Pose	Prévu			Réalisé		
	Bords haut et bas de talus	Renforcement de surface	Collerette	Bords haut et bas de talus	Renforcement de surface	Collerette
A	Agrafes en U (20 x 50 x 20 cm) pour film : fer à béton torsadé et épointé Ø : 6 mm		Agrafes en U (20 x 30 x 20 cm) pour collerette : fer à béton torsadé et épointé Ø : 6 mm	Agrafes en U (20 x 50 x 20 cm) pour film : fer à béton torsadé et non épointé Ø : 6 mm		Agrafes en U (20 x 30 x 20 cm) pour collerette : fer à béton torsadé et non épointé Ø : 6 mm
B	Agrafes en U (20 x 20 x 20 cm) pour film : bambou biseauté Ø 5 mm			Agrafes en U (20 x 20 x 20 cm) pour film : bambou biseauté Ø 5 mm		
C	Non		Clou biodégradable « Biopin » pour collerette : corps : 200 x 12 mm ; tête : 40 x 29 mm ; barbes : 6	Agrafes en U (20 x 50 x 20 cm) pour film : fer à béton torsadé et non épointé Ø : 6 mm	-	Clou biodégradable « Biopin » pour collerette : corps : 200 x 12 mm ; tête : 40 x 29 mm ; barbes : 6
D	-	-	-	Agrafes en U (20 x 50 x 20 cm) pour film : fer à béton torsadé et non épointé Ø : 6 mm		

8.10.2.4 Modes de végétalisation

Variable	Estimée	Réalisée
• Modes de végétalisation testés	1 film de paillage x 3 types de fixation = 3 typologies	3 films de paillage x 4 types de fixation = 5 typologies

8.10.3 Fournitures

8.10.3.1 Films de paillage

Film n°	Fournisseur	Marque	Matériau	Spécification	Epaisseur (µm)	Masse surfacique (g/m ²)	Largeur (cm)	Estimé		Réalisé	
								Bandes (U)	Quantité (ml)	Bandes (U)	Quantité (ml)
4	Groen Creatie	Biofilm Sylva	Mater-bi NF 803 P (grade B commercialisé)	feuille simple non tressée	150	180	120	32	336	5	47.5
9	Celloplast	Cello bio	Mater-bi NF 866 (grade C non commercialisé)		120	144	120			16	145
15	Anovos	?	Acide polylactique (PLA)		100	?	120			11	74.9
								32	336	32	267

8.10.3.2 Collerettes

Pose	Collerette n°	Fournisseur	Spécification	Position	Fixation	Estimé		Réalisé	
						Bande (U)	Collerette (U)	Bande (U)	Collerette (U)
A	2	Groen Creatie	carré simple Biofilm Sylva (40 x 40) - commercialisé	dessous du film	agrafe	11	44	10	26
B						11	44	11	33
C	8		carré renforcé Biofilm Sylva (50 x 50 cm) - prototype	dessus du film	clou	10	40	6	12
D								5	15
Total						32	128	32	86

8.10.3 Agrafes

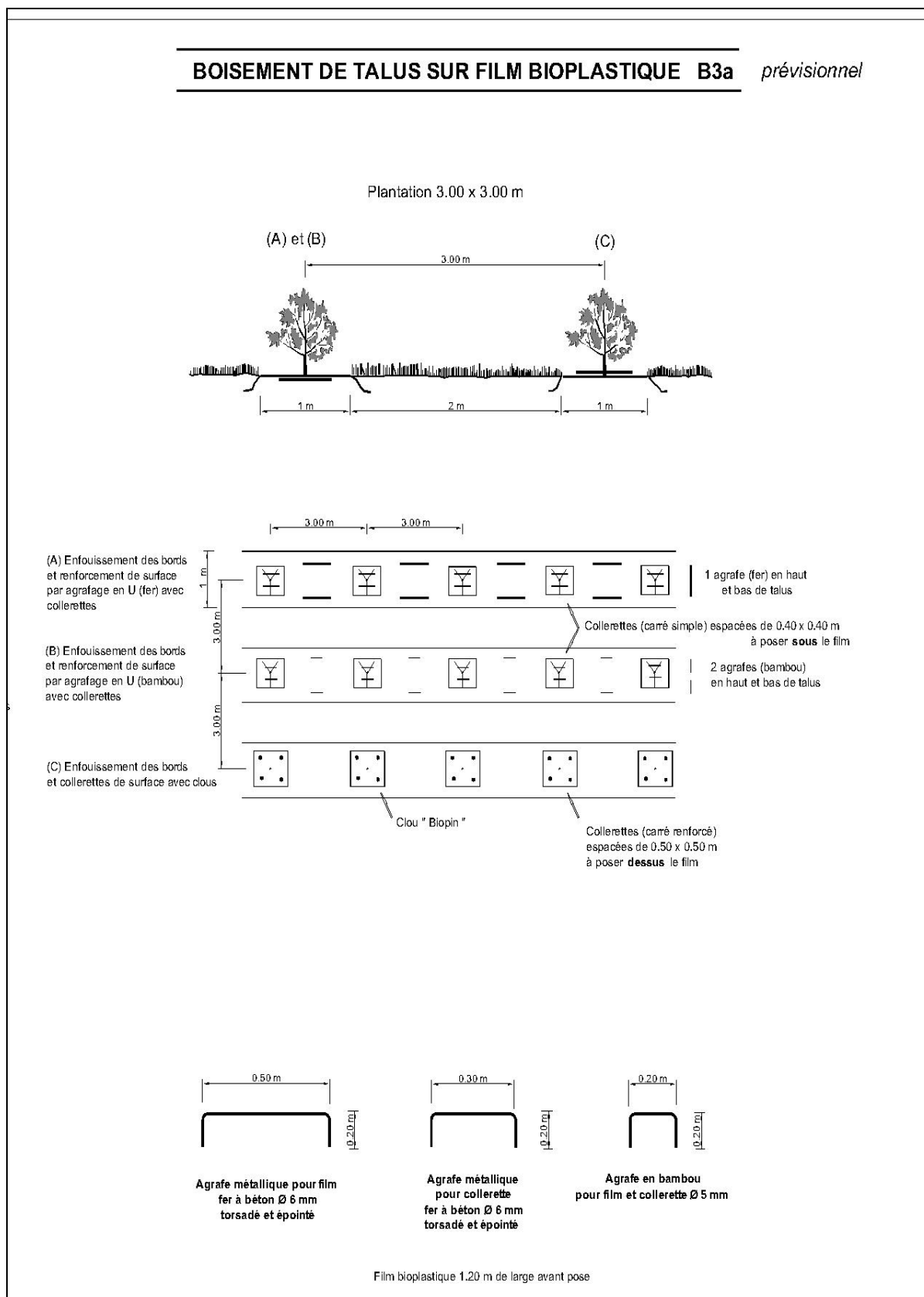
Produit	Localisation	Estimé				Réalisé				
		Pose (A) (U)	Pose (B) (U)	Pose (C) (U)	Total (U)	Pose (A) (U)	Pose (B) (U)	Pose (C) (U)	Pose (D) (U)	Total (U)
Agrafe 20x50x20 cm	Fixation bande haut/bas de talus	22			22	20		12	10	42
	Renforcement de surface	66			66	40			20	60
	Total	88			88	60	0	12	30	102
Agrafe 20x30x20 cm	Fixation collerette	88			88	52				52
	Renforcement de surface				0					0
	Total	88	0	0	88	52	0	0	0	52
Agrafe bambou	Fixation bande haut/bas de talus		44		44		64			64
	Renforcement de surface		66		66		64			64
	Fixation collerette		110		110		96			96
	Total	0	220	0	220	0	224	0	0	224
Clou	Fixation collerette			160	160			48	60	108
	Total	0	0	160	160	0	0	48	60	108

8.10.4 Implantation des bandes

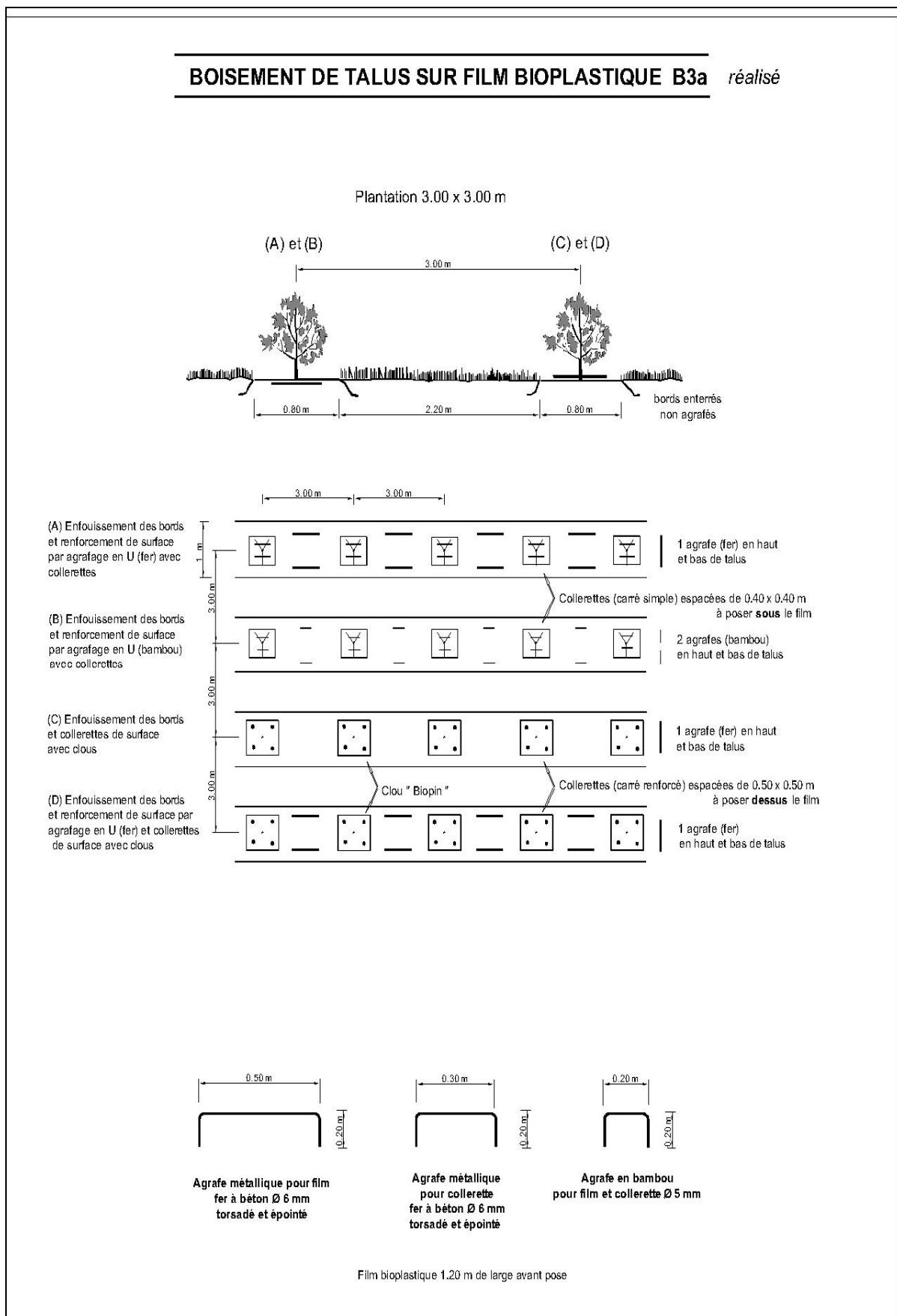
Bande n°		32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1																
Estimé	Feutre n°	4																																															
	Collerette n°	2																8																															
	Pose	A																B																C															
	Protection type	α																																															
Réalisé	Feutre n°	15															9												4																				
	Collerette n°	8								2																8																							
	Pose	C								A								B																A								D							
	Protection type	β																																															

8.10.5 Typologie

8.10.5.1 Schéma prévisionnel



8.10.5.2 Schéma réalisé



8.11 Annexe 11 : Essai B3b (Boisement arbustif de talus sur feutre biodégradable en plein)

8.11.1 Objectif

Etude de :

- la durabilité des feutres de fibres naturelles en fonction des matériaux constitutifs (jute, sisal, coco et bois), des types de mélange, de l'épaisseur et de la masse surfacique du produit ;
- la dynamique de dégradation des feutres ;
- la résistance au vent après agrafage des bandes de paillage tuilées ou non.

Diagnostic annuel par observations visuelles non quantifiées réalisées durant 3 années consécutives.

8.11.2 Projet de végétalisation ligneuse

8.11.2.1 Chantier

Variable		Estimée	Réalisée
Talus	• Longueur :	230 m	222 m
	• Largeur :	Min. : 2 m Max. : 7 m	Min. : 2,2 m Max. : 6,5 m Moyenne : 4,9 m
	• Pente :	10 à 30 %	
Surface de l'essai	• Boisement :	1 040 m ²	1 079 m ²
	• Paillage :	1 040 m ²	1 079 m ²
	• Bandes de paillage :	230 U	222 U
Densité	• Espèce :	Cotinus coggygia C2I 40/60 Cotinus coggygia pourpre C2I 40/60 Eleagnus angustifolia RN 60/90	Prunus spinosa RN 40/90 Quercus ilex godet forestier 1+1 25/30
	• Espacement inter x intra bandes :	1 m x 2 m (soit, 1 plant/2 m ²)	
	• Quantité :	520 U (167 U + 41 U + 130 U + 130 U + 52 U)	547 U
Schéma de plantation	• Rangement :	en quinconce	
	• Typologie de boisement :	schéma B3b	schéma B3b modifié
Protection contre le gibier	• Type : manchon grillagé en Mater-bi	non	grandes mailles
	• Hauteur :	-	50 cm ; Ø : 14 cm
	• Quantité :	-	24 U (2 premiers plants des 12 premières bandes)
	• Fournisseur :	-	Groen Creatie (B)
Tuteur	• Type :	-	bambou 60 cm Ø 6/8 ; 2 par arbre
	• Quantité :	-	48 U

8.11.2.2 Feutres

Variable		Estimée	Réalisée
Pose	• Feutre :	3 produits biodégradables testés	5 produits biodégradables testés
	• Mode :	Paillage en plein par bandes posées tuilées ou bord à bord	
	• Fixation au sol :	Agrafage de surface au niveau des zones de contact (tuilage ou bord à bord)	
		Aucun bord latéral enterré	
		Bords en haut/ bas de talus agrafés	
	• Largeur utile hors sol :	1 m	
• Collettere :	Non		

8.11.2.3 Fixation

Feutre n°	Pose	Chevauchement des bandes	Estimé		Réalisé		Agrafage haut et bas de talus	Solidarisation des feutres
			Pose (A)	Pose (B)	Pose (A)	Pose (B)		
1	Bandes posées bord à bord	Non	Non		Oui	Oui	Agrafes en U (20 x 50 x 20 cm) pour film : fer à béton torsadé et épointé Ø : 6 mm (ou 20 x 20 x 20 cm à partir de la bande n°174)	Agrafes en L Picanter (4 x 9 x 22 cm) : fer à béton torsadé et épointé Ø : 4,5 mm
6			Oui					
11			Non		Non			
7	Tuilage des bandes	Oui (5 cm)	Oui	Oui	Oui			
9		Oui (20 cm)		Non				

(A estimé et réalisé) : Plantation au centre des bandes de feutre après paillage

(B estimé) : Plantation entre les feutres avant paillage

(B réalisé) : Plantation entre les feutres après paillage

8.11.2.4 Modes de végétalisation

Variable	Estimée	Réalisée
• Modes de végétalisation testés	3 feutres de paillage x 2 types de fixation = 5 typologies	5 feutres de paillage x 2 types de fixation = 9 typologies

8.11.3 Fournitures

8.11.3.1 Feutres de paillage

Feutre n°	Fournisseur	Mélange	Marque	Matériau	Epaisseur (mm)	Masse surfacique (g/m ²)	Largeur (cm)	Estimé		Réalisé	
								Bandes (U)	Quantité (ml)	Bandes (U)	Quantité (ml)
1	Horterra	Coco/latex	Bonflora	Coco (100 %). Latex naturel sur une face	7	1 000	100			10	57
6	Plantco	jute/sisal/PP	Plantcobio	Jute (30 %) et sisal (70 %) + support PP blanc	8 à 10	1 000	100	80	360	56	313
7	Plantco	jute/PP		Jute (100 %) + support PP blanc	8 à 10	1 000	105	80	360	73	365
9	Sotextho	jute/bois/?	Thorenap 1000	Jute (70 %) et bois (30 %) + support biodégradable noir	8	1 000	120	70	315	65	261
11	Anovos	jute / sisal/PLA	?	Jute (30 %) et sisal (70 %) + support PLA noir	8 à 10	1 000	100			18	83
Total								230	1 035	222	1 079

8.11.3.2 Agrafes

Variable		Réalisée										Estimée
Film n°		9	7	11	6	1	9	7	6	1	Total (U)	
Bandes (U)		36	45	18	31	5	29	28	25	5	222	230
Agrafe 20x50x20	Haut et bas de talus (U)	72	90	36	62	10	58	56	50	10	444	460
Agrafe 4x9x22	Solidarisation des feutres	0	143	88	152	30	117	176	179	35	920	978
Agrafe 20x20x20		108	49	0	0	0	0	0	0	0	157	0

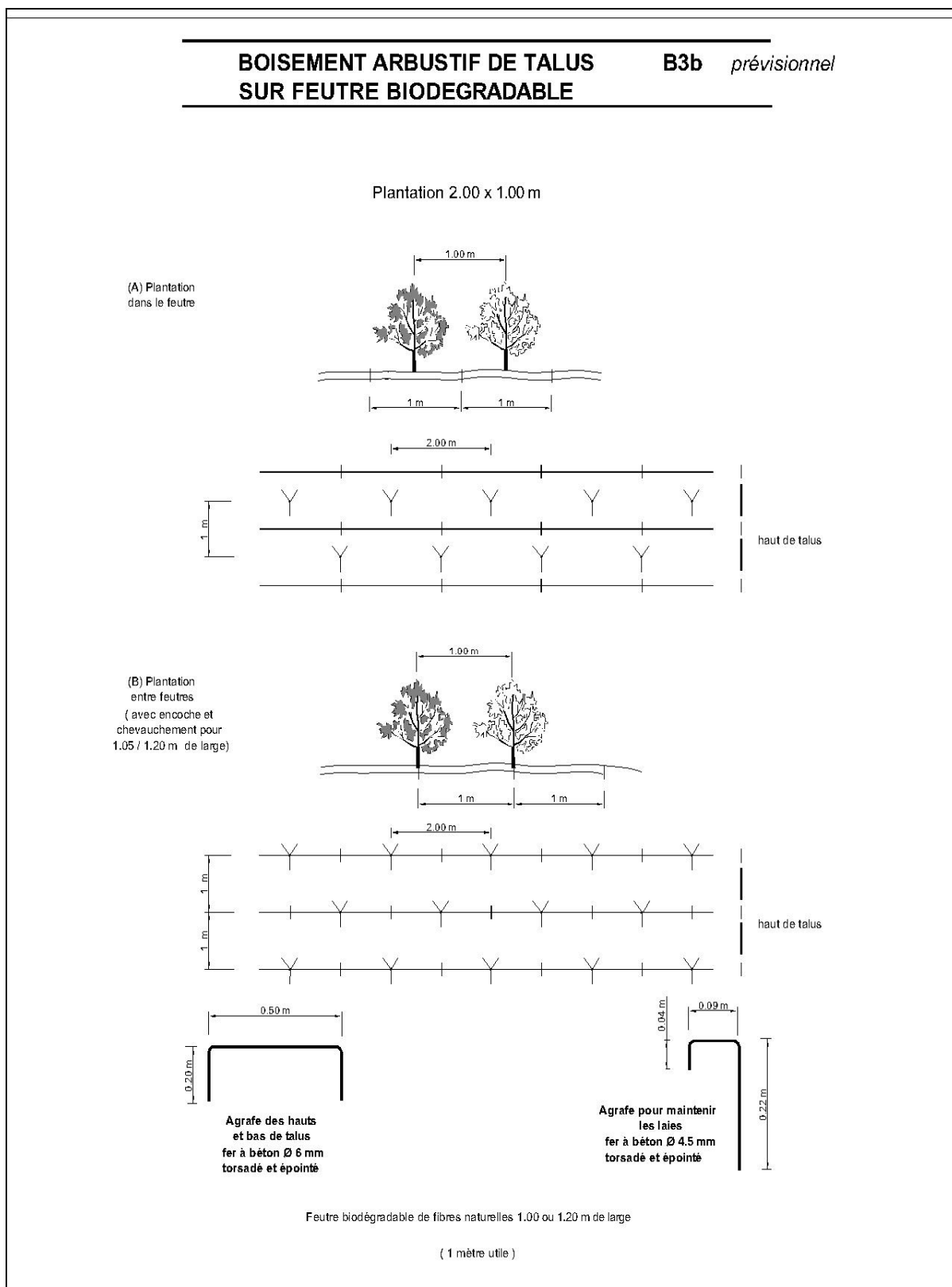
8.11.4 Implantation des bandes

		<--- vers Labège					vers essai B3a --->				
Estimé	Pose	A					B				
	Feutre n°	9	6	7	7	6	7	6	7	6	7
	Bandes (U)	70	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	Protection type	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Réalisé	Pose	B					A				
	Feutre n°	9	7	11	6	1	9	7	6	1	9
	Bandes (U)	36	45	18	31	5	29	28	25	5	29
	Protection type	-									

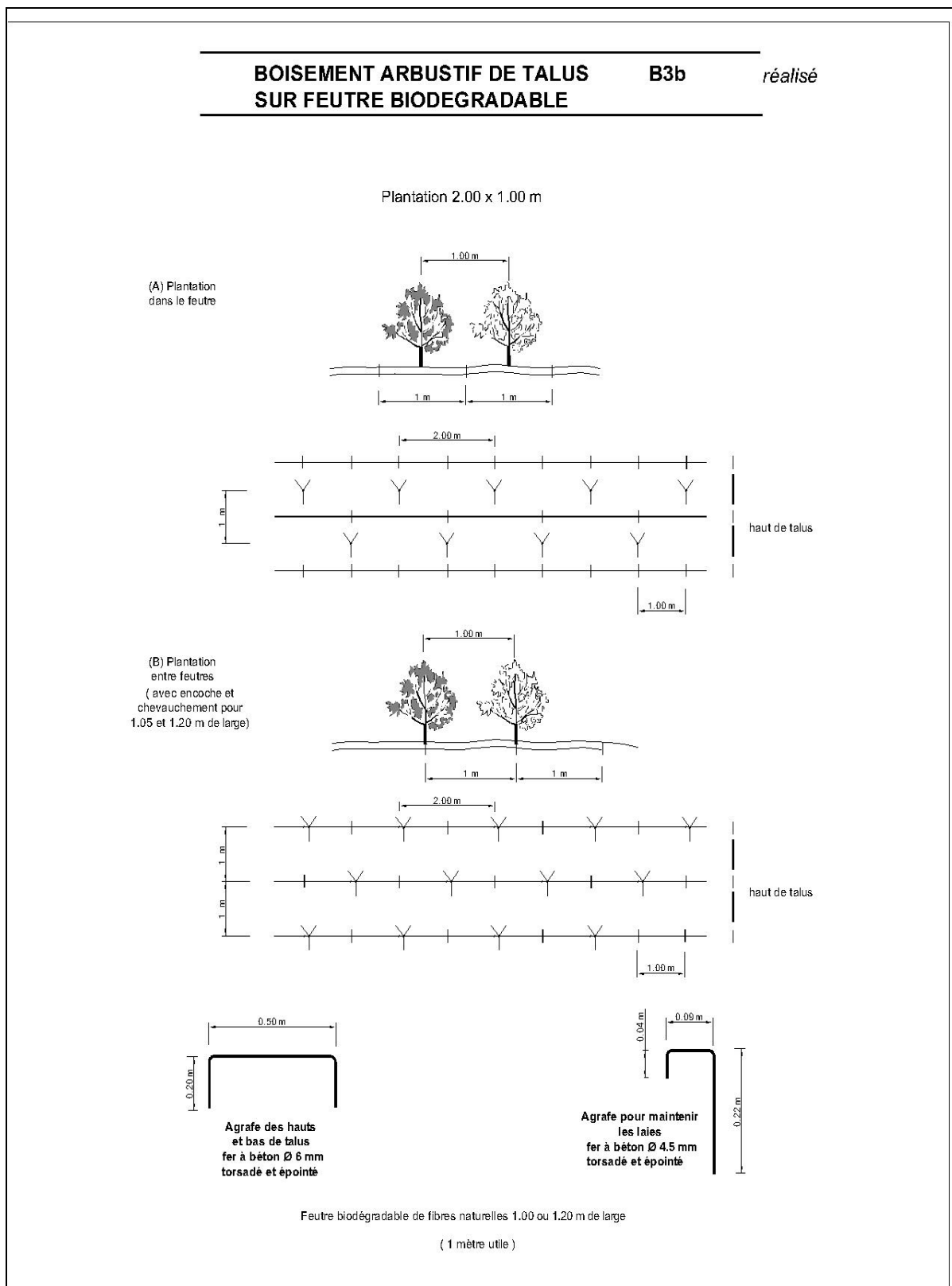
(1A) face latex vers sol (1B) face latex vers ciel

8.11.5 Typologie

8.11.5.1 Schéma prévisionnel



8.11.5.2 Schéma réalisé



9. BIBLIOGRAPHIE

Art. 1. BALLEUX P., VAN LERBERGHE PH. (2004). *Qualité, conditionnement et contrôle des plants forestiers*. Cahier technique n°28, Forêt wallonne, pp. 69-70.

Art. 2. SOURISSEAU A. (2004). *L'IDF teste des paillis biodégradables pour la SNCF*. In Dossier : Les paillis biodégradables en plantation ligneuse. Forêt entreprise, 157, pp 44-46.

Art. 3. VAN LERBERGHE PH. (1997). *Les objectifs cultureux du paillage et ses conséquences*. Forêt entreprise, 116, pp 26-30.

Art. 4. VAN LERBERGHE PH. (1997). *Les différents types de paillis*. Forêt entreprise, 116, pp 31-33.

Art. 5. VAN LERBERGHE PH. (2004). *Les paillis biodégradables ont-ils un avenir en plantations ligneuses ?* In Dossier : Les paillis biodégradables en plantation ligneuse. Forêt entreprise, 157, pp 20-21.

Art. 6. VAN LERBERGHE PH. (2004). *Le paillage des plantations ligneuses, une alternative au désherbage chimique*. In Dossier : Les paillis biodégradables en plantation ligneuse. Forêt entreprise, 157, pp. 22-26.

Art. 7. VAN LERBERGHE PH., SIX S. (2004). *Devenir des fournitures plastiques à usage forestier*. In Dossier : Les paillis biodégradables en plantation ligneuse. Forêt entreprise, 157, pp. 27-30.

Art. 8. VAN LERBERGHE PH., SIX S. (2004). *Les matériaux biodégradables manufacturés pour le paillage des arbres*. In Dossier : Les paillis biodégradables en plantation ligneuse. Forêt entreprise, 157, pp. 31-34.

Art. 9. VAN LERBERGHE PH. (2005). *Etude de l'influence du type de paillis (à base de matériaux synthétiques et/ou organiques) sur la croissance des plants forestiers : Compte-rendu d'analyses : Essai Claye-Souilly (Seine – et - Marne) : Résumé (mars 2005)*. IDF, document interne, 19 p.

Art. 10. VAN LERBERGHE PH. (2007). *Etude de l'influence du type de paillis (à base de matériaux synthétiques et/ou organiques) sur la croissance des plants forestiers. Essai 77.03.01 sur merisier et chêne sessile - Claye-Souilly (Seine – et – Marne, 77) : Rapport final de convention 2006*. IDF, 38 p.