



Cedotec
Office romand de Lignum
En Budron H6
CH – 1052 Le Mont-sur-Lausanne

tél. +41 (0)21 652 62 22
fax +41 (0)21 652 93 41
info@cedotec.ch
www.lignum.ch



Bardages bois végétalisés (Begrünte Holzverkleidungen)

Rapport Final

**Projet OFEV
N°2005.08**

**Cedotec
Office romand de Lignum**

En Budron H6
CH-1052 Le Mont-sur-Lausanne
Tél.: 021 652 62 22
Fax: 021 652 93 41
E-mail: info@cedotec.ch

Le Mont-sur-Lausanne, le 15 mars 2012

Conduite et réalisation du projet:

Cedotec – Lignum Office romand
Office romand de Lignum
En Budron H6
CH-1052 Le Mont-sur-Lausanne
Tél.: 021 652 62 22
Fax: 021 652 93 41
E-mail: info@cedotec.ch

Centre de Lullier
Ecole prof. d'horticulture
Route de Presinge
CH-1254 Jussy
Tél.: 022 546 67 07
Fax: 022 546 67 11
E-mail: dominique.verdel@etat.ge.ch

Partenaires associés au projet:

SBB-CFF
Infrastructures grands projets bruit
Schanzenstrasse 6
CH-3000 Berne 5
Tél.: 051 220 53 92
Fax: 051 220 39 19
E-mail: philippe.ledermann@sbb.ch

Service des routes
Division routes nationales
Av. de l'Université 3
CH-1014 Lausanne
Tél.: 021 316 72 19
Fax: 021 316 72 62
E-mail: cyril.durussel@.vd.ch

Entreprise Bois RIL SA
Case postale 33
CH-1607 Palézieux
Tél.: 021 908 08 58
Fax: 021 908 08 50
E-mail: descoedres@bois-ril.ch

Projet soutenu par:

Office fédéral de l'environnement OFEV
Fonds pour les recherches forestières et l'utilisation du bois
CH-3003 Berne
Tél.: 031 324 77 85
Fax: 031 322 99 81
E-mail: michael.gautchi@buwal.admin.ch

Résumé

Réaliser une étude sur l'impact de la végétation quant à l'apport d'humidité sur les éléments en bois des parois antibruit végétalisées. Effectuée sur plusieurs années ainsi que sur plusieurs sites avec des expositions différentes, cette étude a également permis de définir un certain nombre de variétés de plantes à feuilles persistantes propices pour ce genre d'application et d'évaluer la croissance par le biais de plantations témoins.

Michel Bühler, responsable du projet pour le Cedotec, office romand de Lignum

Situation initiale

La problématique du bruit face au développement grandissant du trafic routier et ferroviaire implique la construction de nombreuses parois antibruit. L'utilisation du bois dans ce secteur n'est pas en reste mais souffre de l'image négative due à sa nature organique perçue comme synonyme de dégradation biologique. L'étude a pour but non seulement, de déterminer si un apport d'humidité à la paroi, due aux plantes, est effectif, mais également, de déterminer dans le cas d'un résultat favorable à l'utilisation de végétaux, quelles variétés de plantes sont les mieux adaptées à une utilisation de ce type.

Description de la tâche et objectifs

Au delà de la simple analyse de l'évolution de l'humidité du bois sous végétation, il est indispensable de faire une sélection de variétés biologiques susceptibles d'être appliquées sur ce type de paroi.

Il s'agit donc de définir, en fonction de leur mode d'accrochage, le type de support nécessaire pour la bonne évolution de ces plantes, la nature du sol, l'encombrement éventuel ainsi que leur capacité de développement sans entretien particulier. Un des objectifs est également de déterminer le potentiel de protection que peuvent apporter les plantes sur les

éléments en bois des parois lorsqu'elles recouvrent ces dernières.

Procédé

L'étude a été divisée en trois parties distinctes à savoir, le relevé de manière périodique des taux d'humidité d'échantillons de bois sur différents sites en situation d'exposition divergente, l'étude du développement des différentes plantes témoins et finalement l'analyse de parois végétalisées existantes (protection des parois par les plantes).

Résultats

Cette étude permet aujourd'hui d'affirmer que si dans l'ensemble le taux d'humidité sous feuillages est généralement, mais de manière très faible, supérieur en comparaison à une paroi exposée, celui-ci n'est pas suffisamment conséquent pour influencer de manière significative le risque d'infection bactériologique et ainsi amener à une dégradation du bois par le développement d'organismes lignivores. La stabilité du "climat" sous feuillage a même pour effet de ralentir le vieillissement du bois du fait de la diminution des chocs thermiques pouvant être dus à des séchages trop rapides du bois après une averse.

Le résultat de cette étude démontre clairement que la végétalisation ne nuit aucunement à l'utilisation de bois pour la réalisation de paroi antibruit.

Sommaire

Introduction	2
1 Exposé et but du projet.....	2
1.1 Problématique des parois antibruit végétalisées.....	2
1.2 Végétalisation.....	2
1.3 Plan de l'analyse	3
2 Organisation et financement du projet.....	3
2.1 Conduite et réalisation du projet.....	3
2.2 Mise à disposition des sites d'étude.....	4
2.3 Financement	4
3 Mise sur pieds de l'étude	4
3.1 Choix et description des variétés botaniques.....	4
3.1.1 Critères de choix.....	4
3.1.2 Description des variétés botaniques	5
3.1.2.1 Lierre commun (<i>Hedera helix</i>)	6
3.1.2.2 Lierre à grandes feuilles (<i>Hedera colchica</i>).....	6
3.1.2.3 Chèvrefeuille (<i>Lonicera japonica</i>)	6
3.1.2.4 Jasmin étoilé (<i>Trachelospernum sp.</i>).....	7
3.1.2.5 Vigne vierge (<i>Parthenocissus tricuspidata</i>)	7
3.2 Sélection et description des sites d'étude	7
3.2.1 Sélection des sites.....	7
3.2.2 Description des sites.....	8
3.3 Système et méthodologie des observations et des mesures d'humidité	8
4 Analyse et évaluation des résultats	9
4.1 Croissance et développement des plantes grimpantes.....	9
4.1.1 <i>Plantations témoins et végétation "adulte"</i>	9
4.1.1.1 <i>Plantation témoin, Cedotec</i>	9
4.1.1.2 <i>Plantation témoin, Belmont</i>	10
4.1.1.3 <i>Plantation témoin Nyon</i>	11
4.1.1.4 <i>Plantation témoin, Eysins</i>	11
4.1.1.5 <i>Végétation "adulte", Le Mont</i>	11
4.1.1.6 <i>Végétation "adulte", Echandens</i>	12
4.1.1.7 <i>Végétation "adulte", Eysins</i>	12
4.1.2 <i>Evaluation par variétés de plantes</i>	13
4.1.2.1 <i>Lierre à grandes feuilles (<i>Hedera colchica</i>)</i>	13
4.1.2.2 <i>Chèvrefeuille (<i>Lonicera japonica</i>)</i>	13
4.1.2.3 <i>Lierre commun (<i>Hedera helix</i>)</i>	13
4.1.2.4 <i>Jasmin étoilé (<i>Trachelospernum sp.</i>)</i>	13
4.1.2.5 <i>Vigne vierge (<i>Parthenocissus tricuspidata</i>)</i>	13
4.1.3 <i>Synthèse de l'évolution des plantes</i>	13
4.2 Taux d'humidité du bois sous feuillage	16
4.2.1 <i>Définition des critères d'analyse</i>	16
4.2.2 <i>Analyse des mesures</i>	17
4.2.2.1 <i>Analyse des relevés, Cedotec</i>	17
4.2.2.2 <i>Analyse des relevés, Le Mont</i>	20
4.2.2.3 <i>Analyse des relevés, Echandens</i>	21
4.2.2.4 <i>Analyse des relevés, Eysins</i>	22
4.2.2.5 <i>Analyse d'assèchement après intempérie et variations journalières</i>	23
4.2.3 <i>Synthèse des relevés</i>	25
4.3 Impact de la végétalisation sur la paroi.....	26
Synthèse de l'étude	27
Conclusion	27
Index	28

Introduction

Alors que le développement et l'utilisation de paroi antibruit s'amplifient, et même si les parois bois ne sont pas en reste dans ce secteur, les réticences, à l'utilisation de ces dernières résident dans les craintes liées à l'accroissement de la teneur en eau du bois lorsqu'il est recouvert de végétation. Du fait de sa nature biologique, le bois "souffre" de l'image de fragilité face à une humidité accrue ainsi qu'aux dégradations dues aux micro-organismes.

Le présent projet est donc issu de cette problématique de végétalisation des parois antibruit. Il a pour but de démontrer que cette pratique reste tout à fait réalisable sans pour autant détériorer le support à savoir, la paroi elle-même.

1 Exposé et but du projet

1.1 Problématique des parois antibruit végétalisées

L'élimination de la végétation aux abords des parois antibruit a longtemps été effectuée par un désherbage total au moyen de produits chimiques. Aujourd'hui, il est devenu impensable d'un point de vue écologique d'avoir recours à de tels traitements. En théorie, le seul moyen pour minimiser le risque de prolifération de la végétation aux abords des parois, hormis une conception environnante appropriée (mise en place de matériaux inertes), reste un entretien régulier de ces zones. Les coûts liés à de tels entretiens, au vu de l'étendue des réseaux routiers et ferroviaires, sont devenus excessifs.

Les recommandations liées à la mise en œuvre de ce type de paroi sont généralement d'éviter tout contact entre paroi et végétation.

Dans le cadre de l'utilisation et de l'application du bois en extérieur, la problématique principale réside dans la préservation de l'ouvrage face aux éventuelles attaques d'organismes biologiques à même de participer à la détérioration du matériau bois. La condition principale pour que de tels organismes puissent se développer est une teneur en eau du bois suffisante, et ceci, de manière prolongée.

Le but principal de ce projet est l'étude sur les conséquences et l'impact que peuvent avoir les végétaux lorsqu'ils sont en contact direct avec les parois en bois, principalement en relation avec les phénomènes liés à l'humidité.

Si d'un point de vue technique, la réputation des parois antibruit en bois n'est plus à faire, il est nécessaire de clarifier la situation par rapport à ces craintes de cette "cohabitation" entre parois antibruit bois et végétation.

1.2 Végétalisation

Suite à divers constats, il apparaît qu'une certaine confusion règne sur la dénomination de "végétalisation". Cette dernière est souvent assimilée aux accumulations de débris végétaux (par ex. zones de fondations) pouvant provoquer ainsi une importante quantité d'humus, propice aux développements de micro-organisme.

La végétalisation, considérée dans le présent rapport, fait état de végétaux sous la forme de plantes plus ou moins développées, recouvrant partiellement ou complètement une paroi en bois et utilisant celles-ci comme appui ou comme support (accrochage) pour se développer.

1.3 Plan de l'analyse

L'analyse comprend les trois parties suivantes:

- **Croissance et développement de plantes grimpantes**

L'étude des plantes retenues pour ce projet doit permettre de déterminer lesquelles sont le plus à même de remplir une fonction de recouvrement, d'étudier leur mode d'accrochage ainsi que le risque potentiel de provoquer des dégâts mécaniques (infiltrations) à la paroi.

- **Taux d'humidité du bois sous feuillage**

La question fondamentale est de déterminer si la mise en application de végétaux, utilisant les parois comme support pour se développer, peut provoquer un apport d'humidité supplémentaire et suffisant au support bois pour augmenter de manière significative le risque lié à d'éventuelles infections biologiques.

- **Compatibilité entre plantes et parois**

Cette partie permet de déterminer l'impact et l'influence des plantes sur une paroi (effet bénéfique ou non de protection du bois), mais également de comparer le comportement du bois lorsqu'il est sous un feuillage ou totalement exposé.

2 Organisation et financement du projet

Pour parvenir à mettre sur pied une telle étude, il était déterminant de pouvoir travailler en partenariat avec différents acteurs intéressés par le résultat de cette étude.

Le principal partenaire pour le choix et la sélection des variétés de plantes "tests" est l'école d'horticulture du Centre de formation professionnelle nature et environnement de Lullier (GE).

Sur un plan plus technique (infrastructure), l'entreprise Bois RIL SA a réalisé les éléments en bois (cubes) pour le site témoin du Cedotec.

Les Chemins de Fer Fédéraux (CFF) ainsi que le Service des routes du canton de Vaud, ont, quant à eux, mis à disposition et autorisé l'accès à des sites équipés de parois antibruit permettant de recevoir des plantations témoins ou pourvues de variétés végétales dite "adultes" faisant l'objet de cette étude.

Du point de vue financier, la majeure partie a été garantie par l'organisme initiateur du projet, à savoir le "fonds pour les recherches forestières et l'utilisation du bois" de l'Office fédéral de l'environnement à Berne.

2.1 Conduite et réalisation du projet

- **Cedotec-Lignum**

Conduite générale du projet, relevé des mesures, analyse

2.2 *Mise à disposition des sites d'étude*

- **CFF, Chemins de fer fédéraux**, Site de Lyss
Autorisation d'accès au site pour étude des parois végétalisées existantes
- **Canton de Vaud**, Département des infrastructures, services des routes. Avenue de l'Université 3, CH-1014 Lausanne
Mise à disposition de sites pour plantations témoins et de sites avec parois végétalisées existantes. Autorisation d'accès à ces lieux
- **Cedotec-Lignum, Economie suisse du bois**
Site de plantation témoin
- **Le Mont**, Site privé
Autorisation d'accès au site pour étude de façade végétalisée

2.3 *Financement*

- **OFEV, Office fédérale de l'environnement**, initiateur du projet
Apport financier principal
- **Cedotec-Lignum, Economie suisse du bois**
- **Bois RIL SA**, entreprise d'imprégnation en autoclave
Financement des prototypes en bois (cubes)

3 *Mise sur pied de l'étude*

La mise en place de cette étude nécessite la sélection de variétés botaniques, l'identification de sites propices à la réalisation de plantations témoins et la définition des paramètres de mesures des taux d'humidité du bois sous feuillage.

3.1 *Choix et description des variétés botaniques*

3.1.1 *Critères de choix*

Le premier critère pour le choix des variétés botaniques est leur pouvoir "potentiel" de recouvrir les parois bois, ceci dans le but de l'étude d'humidité sous feuillage mais également de l'étude de l'impact sur leurs éventuels effets protecteurs.

Le risque d'infiltration des racines ou des pousses dans les interstices est également pris en compte. En effet, la croissance de certaines variétés peut se révéler être problématique d'un point de vue dégradation mécanique. En particulier, les ronces sont susceptibles de se frayer un passage dans les moindres ouvertures de la paroi et ainsi, au cours de leur croissance, en augmentant de section, les rameaux peuvent alors provoquer des dégradations d'ordre mécanique aux éléments constitutifs de la paroi.

Après sélection de ces variétés, les plantations témoins, vont permettre un suivi en temps réel de l'évolution et du développement des jeunes plants dans des situations et des milieux

différents. Ainsi, il est plus aisé de définir les besoins de chaque type de plante ainsi que la nature du support nécessaire à son évolution.

La méthodologie pour le choix de variétés de plantes s'est faite sur la base de critères permettant de remplir les conditions définies ci-dessous soit:

- capacité à "habiller" une paroi antibruit
- nature du feuillage (persistant ou caduc)
- distance minimale entre plante et paroi
- encombrement minimal (espace restreint entre paroi antibruit et voie de circulation)
- entretien minimum (principalement de la plante en soi. Pas de taille)

Les variétés biologiques retenues sont donc principalement des plantes grimpantes à feuilles persistantes.

Les variétés de plantes grimpantes de par leur mode de développement ont les avantages suivants:

- vitesse de développement
- soin minimum à apporter aux plantes
- degré d'encombrement
- degré de recouvrement (potentiel de protection)
- qualité du sol
- impact visuel (habillage de la paroi)

Ainsi, les différentes contraintes et paramètres ont conduit à porter le choix sur les 5 variétés de plantes suivantes:

- 1) Lierre commun (*Hedera Helix*)
- 2) Lierre à grandes feuilles (*Hedera Colchica*)
- 3) Chèvrefeuille (*Lonicera japonica*)
- 4) Jasmin étoilé (*Trachelospernum sp.*)
- 5) Vigne vierge (*Parthenocissus tricuspidata*)

L'étude de la croissance (plantations témoins) se concentre sur les 4 variétés suivantes:

- Lierre commun
- Lierre à grandes feuilles
- Chèvrefeuille
- Jasmin étoilé

D'un point de vue de la protection de paroi, les deux principales plantes étudiées sont:

- Lierre commun
- Vigne vierge

La vigne vierge ne fait pas partie de la sélection pour les plantations "témoin" du fait de son feuillage caduc, mais des plants de végétation "adulte" ont été analysés pour l'effet protection mais également pour la campagne de mesure de l'humidité du bois, sous et hors feuillage.

3.1.2 Description des variétés botaniques

Dans le monde végétal, les plantes grimpantes se caractérisent par un développement rapide et important des rameaux ainsi que par leur artifices morphologiques tels que vrilles, aiguillons, écailles, racines adventives ou encore des mouvements de pousse en rotation. Les moyens de fixation de ces plantes leur permettant de s'accrocher solidement au support peuvent fortement varier selon les variétés. L'accrochage peut se faire soit par le mouvement rotatif des extrémités des pousses, par des pétioles volubiles ou par des racines crampons ou des ventouses. Les différentes plantes sélectionnées présentent des systèmes de fixation variables nécessitant dans certains cas une structure de fils de fer verticale ou une trame en treillis.

Les descriptifs succincts des différentes variétés botaniques donnés ci-dessous sont complétés par les fiches techniques exhaustives données dans l'annexe 1.

3.1.2.1 Lierre commun (*Hedera helix*)

	<p>Descriptif: Dénommé également "lierre à petites feuilles" Espèce indigène qui se fixe aux supports à l'aide de racines adventives (racines crampons) Feuilles persistantes Supporte facilement des situations divergentes (milieu, expositions, etc.) Entretien limité Plante courante en commerce Développement principalement en surface Pouvoir couvrant important </p>
Illustration 1: Lierre commun	Descriptif complet: Voir annexe 1.1

3.1.2.2 Lierre à grandes feuilles (*Hedera colchica*)

	<p>Descriptif: Espèce qui se fixe aux supports à l'aide de racines crampons Feuilles persistantes de grande taille Développement de surface Pouvoir couvrant important (disposition des feuilles en "tuiles") </p>
Illustration 2: Lierre à grandes feuilles	Descriptif complet: Voir annexe 1.2

3.1.2.3 Chèvrefeuille (*Lonicera japonica*)

	<p>Descriptif: Arbuste grimpant Plante volubile (qui se fixe par enroulement des tiges) Feuilles persistantes Belle et longue floraison odorante. Nécessite une fixation de base (fil de fer) pour son adhésion au support Croissance très rapide Développement au niveau de la couronne avec prise de volume de cette dernière Demande un entretien plus important (volume) Figure dans la liste des plantes invasives </p>
Illustration 3: Chèvrefeuille	Descriptif complet: Voir annexe 1.3

3.1.2.4 Jasmin étoilé (*Trachelospernum sp*)

	<p>Descriptif: Plante vigoureuse et volubile originaire de Chine Croissance rapide et feuillage persistant Belle floraison estivale blanche très odorante Nécessite une fixation de base (fil de fer ou grillage) Situation protégée de préférence </p>
Illustration 4: Jasmin étoilé	Descriptif complet: Voir annexe 1.4

3.1.2.5 Vigne vierge (*Parthenocissus tricuspidata*)

	<p>Descriptif: Plante très vigoureuse sur les supports verticaux Croissance rapide Feuillage caduc Belle couleur rouge en automne Mode de fixation par tiges volubiles et ventouses </p>
Illustration 5: Vigne vierge	Descriptif complet: Voir annexe 1.5

3.2 Sélection et description des sites d'étude

3.2.1 Sélection des sites

Les sites ont été sélectionnés en fonction des possibilités de réaliser des plantations témoins, l'accès, l'orientation, de la végétation existante. Si initialement 8 sites ont été retenus, seuls 7 ont fait l'objet d'observations et de relevés de mesures de manière continue. Le site de Lyss a été choisi dans un premier temps pour sa paroi CFF réalisée selon la fiche technique Lignum. Les résultats comparables aux autres sites de même exposition ont permis de laisser tomber ce site relativement éloigné.

Les sites restant sont tous répartis le long de l'arc lémanique, entre Genève et Belmont.

3.2.2 Description des sites

Les fiches techniques de chaque site se trouvent dans le dossier des annexes.

- | | |
|--------------------|------------|
| • Site du Cedotec | annexe 2.1 |
| • Site Le Mont | annexe 2.2 |
| • Site de Belmont | annexe 2.3 |
| • Site d'Echandens | annexe 2.4 |
| • Site de Nyon | annexe 2.5 |
| • Site d'Eysins | annexe 2.6 |

La principale plantation "témoin" a été réalisée sur le site du **Cedotec** où 4 structures en bois "cubes" ont été disposées de manière à ce que les parois soient orientées selon les points cardinaux. Chaque cube reçoit une variété botanique différente et deux plants de jeunes pousses sont disposés devant chacune des faces, représentant au total 8 plants par cube. Le développement des plantes se fait de manière libre, sans aucun entretien particulier (arrosage, taille, etc.).

Le site du Cedotec fait également référence en matière de campagne d'humidité sur du bois totalement exposé aux intempéries.

Le site situé au **Mont** est une ferme en pierres recouverte sur l'angle, formé par les façades sud et ouest, par du lierre commun. Ce site est un lieu d'observation de la végétation dite "adulte" ainsi que de mesures d'humidité d'échantillon de bois sous feuillage.

Les sites de **Belmont, Echandens, Nyon et Eysins** sont tous des sites en bordure d'autoroute avec parois antibruit en bois ou en béton. Echandens et Eysins abordent tous deux de la végétation existante de type lierre commun et/ou de vigne vierge. Les sites de Belmont, Nyon et Eysins ont tous les trois été pourvus, en plus, de plantations témoins.

3.3 Système et méthodologie des observations et des mesures d'humidité

La campagne de mesures consiste à relever périodiquement les taux d'humidité du bois sur les 4 sites retenus, à savoir le site du Cedotec (site de référence pour le bois exposé), du Mont, d'Echandens et de Nyon. La durée du cycle d'étude est d'une année complète à raison d'une visite par site toute les deux semaines.

Les relevés sont effectués directement sur le lambrisage des "cubes" en ce qui concerne le site du Cedotec et sur des échantillons (planchettes) disposés à cet effet sur les trois autres. Les parois végétalisées abordent des plantations "adulte" de type, lierre commun et vigne vierge. Cette dernière, composée d'un feuillage caduc, permet également une comparaison des fluctuations de l'humidité sur des échantillons périodiquement protégés.

Chaque site dispose au minimum de 4 zones de mesures. Une valeur moyenne de l'humidité du bois est établie par échantillon sur la base de 3 mesures initiales.

Le taux d'humidité relative de l'air ainsi que la température sont également prélevés en vue de définir le taux d'humidité d'équilibre "théorique" du bois.

L'appareil de mesure utilisé pour cette campagne est de type:

- GANN Hydromètre HTR 300

4 Analyse et évaluation des résultats

L'analyse des résultats est divisée en trois parties distinctes:

- **Croissance et développement des plantes grimpantes**
 - Plantations témoins et végétation "adulte"
 - Evaluation des variétés de plantes
 - Synthèse de l'évolution des plantes
 - Conclusion
- **Taux d'humidité du bois sous feuillage**
 - Définitions des critères d'analyse
 - Analyse des mesures
 - Synthèse des relevés
 - Conclusion
- **Impact de la végétalisation sur la paroi**
 - Synthèse de l'étude

4.1 Croissance et développement des plantes grimpantes

4.1.1 Plantations témoins et végétation "adulte"

Cette analyse est réalisée sur la base des observations faites de chaque variété de plantes, quand à leur capacité d'adaptation dans différentes situations, à leur croissance et résistance ainsi qu'à leur degré d'encombrement.

Il est à noter que les plantes n'ont reçu aucun entretien particulier en ce qui concerne la "taille" afin d'évaluer leur capacité naturelle de développement. Seuls les abords des parois antibruit situés le long des autoroutes ont été entretenus (coupe gazon, herbes, etc.) de manière régulière par le service des routes responsable des secteurs respectifs.

L'analyse aborde en premier les plantations témoins et ensuite la végétation "adulte".

4.1.1.1 Plantation témoin, Cedotec

Ces plantations ont été réalisées sur le terrain du Cedotec au Mont-sur-Lausanne (alt. 690 m)

Cube N°1 (bordure de route) : Lierre à grandes feuilles

La meilleure évolution du lierre à grandes feuilles est constaté sur la face est, suivie de la face sud et nord. A l'ouest, la végétation est pratiquement inexistante et s'est même "rétractée" pour ne laisser que quelques rares feuilles visibles au niveau du sol. Si le développement des autres plants a pu s'effectuer dans des conditions relativement normales, celui-ci reste cependant restreint. Seuls les plants situés à l'est ont gagné environ 20 cm en hauteur. Tous les autres ont gardé leur taille initiale mais ont gagné en largeur. Aucune "infiltration" n'a été constatée entre les planches de la structure du cube. Le développement est considéré comme mitigé.

Voir annexe 4.2

Cube N°2: Chèvrefeuille

Contrairement au lierre à grandes feuilles, il est constaté que le chèvrefeuille s'est développé de manière plus importante (prise de volume des couronnes) et sous toutes les orientations avec un avantage pour les plants situés au sud, où le feuillage est plus abondant, suivi de l'est du nord et finalement de l'ouest. Il est constaté que par rapport à la taille originale des plants, une réduction de la hauteur s'est produite de manière que ces plants dépassent plus le sommet du cube. Leur développement s'est effectué principalement dans la zone supérieure des tiges par un important gain de volume de la couronne.

Aucune "infiltration" n'a été constatée entre les planches de la structure du cube.

Le développement est considéré comme bon.

Voir annexe 4.3

Cube N°3: Lierre commun

En principe, le lierre commun devrait de par sa capacité naturelle de développement, être plus en végétation que le lierre à grandes feuilles ce qui n'est pas le cas ici. Au contraire, le développement ne s'est fait que de manière mitigée au sud au niveau du pied de la paroi. Les trois autres faces ne présentent pratiquement plus aucune trace de végétation.

Cette zone d'étude totalement exposée au vent, à l'ensoleillement ainsi qu'aux intempéries n'a pas convenu au bon développement de cette variété nécessitant une zone plus "protégée" ou "abritée".

Le développement est considéré comme médiocre.

Voir annexe 4.1

Cube N°4: Jasmin étoilé

Seule une des plantes situées au sud s'est légèrement développée et aborde encore du feuillage. Les deux plantes à l'est se sont également développées en hauteur mais ne présentent plus de feuilles.

Pour que le jasmin étoilé puisse se développer de manière optimale, celui-ci nécessite un minimum de racines, ce qui ne semble pas être le cas ici. Ce type de plante prend normalement du volume principalement au niveau de la couronne. Ce genre de variété nécessite un minimum d'entretien.

Le développement est considéré comme mauvais.

Voir annexe 4.4

Conclusion: Malgré la bonne qualité de la terre, l'absence d'entretien et d'arrosage, la forte exposition aux conditions climatiques ainsi que l'altitude (site témoin le plus élevé, 692m) ne semblent pas avoir convenu à la majorité des variétés de plantes. Seul le chèvrefeuille a particulièrement bien résisté. Il est à rappeler que le site n'a volontairement pas été entretenu.

4.1.1.2 Plantation témoin, Belmont

Les quatre variétés de plantes sont disposées de part et d'autre de la paroi antibruit. La phase de mise en terre s'est révélée particulièrement difficile de par la nature "caillouteuse" du sol. Du côté lac, orientation sud-ouest, les abords de la paroi ont été laissés à la nature de manière que la présence de divers végétaux, fougères ou autres ronces y est importante. Les jeunes pousses sont ainsi en forte concurrence, principalement avec les ronces. Ces dernières ont par ailleurs la tendance ou la capacité à s'infiltrer dans tout interstice pouvant conduire éventuellement à la dégradation mécanique de la paroi antibruit "bois".

Si la présence de ces végétaux a eu une influence négative sur le développement du "lierre commun" et du "lierre à grandes feuilles" (étouffement, concurrence nutritive, etc.), le développement du "jasmin étoilé" et du "chèvrefeuille" ne semble pas avoir été gêné. La forte exposition a eu une influence favorable sur le développement du fait que ces deux types de plantes nécessitent un bon ensoleillement.

Du côté chaussée, orientation nord-est, les abords des pieds des plants sont tous dégagés par l'entretien régulier effectué par le service des routes. Les deux types de lierre se sont mieux développés de ce côté de la paroi avec une forte croissance pour le lierre commun. Le "jasmin étoilé" et le "chèvrefeuille", malgré un développement régulier, celui-ci n'est pas aussi pertinent que du côté "lac". L'orientation, et donc la durée d'ensoleillement, joue un rôle déterminant sur le développement de ces deux variétés.

Conclusion: Le jasmin étoilé ainsi que le chèvrefeuille se sont mieux développés du côté ensoleillé alors que les deux types de lierres ont "préféré" le côté de la paroi le plus ombragé.

Voir ensemble de l'annexe 4.

4.1.1.3 *Plantation témoin Nyon*

Situées en bordure d'autoroute, les plantations sont positionnées côté route contre la paroi antibruit. Les plantes sont exposées sud-est.

Dans l'ensemble, le développement des quatre plantes est concluant. Seul le "jasmin étoilé" reste en retrait par rapport aux autres types de plantes. Le lierre commun est la plante qui s'est le mieux développée aussi bien en largeur qu'en hauteur pour atteindre le haut de la paroi, suivi du lierre à grandes feuilles. Quelques rameaux de lierre commun et de lisseron se sont infiltrés dans la structure entre les piliers métalliques et les éléments de parois de bois pour apparaître de l'autre côté.

Conclusion: Le développement des différentes variétés est considéré comme régulier, mais relativement lent en considérant la durée de l'étude.

Voir ensemble de l'annexe 4.

4.1.1.4 *Plantation témoin, Eysins*

La plantation se situe contre la paroi antibruit du côté route soit avec une orientation ouest. Cette paroi est déjà pourvue de vigne vierge. Les plants témoins ont été positionnés dans des espaces "vides" entre les différentes zones habillées de vigne vierge.

Le chèvrefeuille ainsi que les deux types de lierres se sont relativement bien développés. Cependant, la concurrence avec la vigne vierge montre une croissance relativement "décousue" du chèvrefeuille. Ce dernier ne présente pas une réelle couronne mais est très entremêlé avec la vigne vierge. Néanmoins, sa croissance a atteint le sommet de la paroi sans pour autant développer de couronne.

Les lierres semblent avoir eu moins de concurrence dans leur zone de croissance respective. Si le lierre à grandes feuilles s'est mieux développé que le lierre commun, celui-ci s'est effectué principalement en hauteur et non en largeur.

Quant au jasmin étoilé, son développement ne peut pas être considéré comme satisfaisant. Aucune évolution n'est à constater aussi bien en hauteur, en largeur qu'en volume. L'environnement trop "encombré" ne semble pas convenir à son développement.

Conclusion: En dépit de la forte concurrence de l'espace, due à la vigne vierge, les lierres ainsi que le chèvrefeuille se sont bien développés. Le résultat concernant le jasmin étoilé reste plus mitigé.

Voir ensemble de l'annexe 4.

4.1.1.5 *Végétation "adulte", Le Mont*

L'angle de la maison en pierres (façades sud et ouest) arbore une importante végétalisation de lierre commun de manière que cet angle n'est plus visible. La croissance sur ces deux façades peut être considérée comme similaire en ce qui concerne l'abondance du feuillage. Les piliers maintenant le balcon de la façade sud sont, quant à eux, entièrement entourés

par le lierre. La qualité de la végétation est parfaitement saine et ne semble pas être gênée dans son développement par les divers buissons présents au pied des façades. Ce site est principalement utilisé pour le suivi de l'humidité sous feuillage (voir point 5.2.1.2)

Conclusion: Végétation adulte saine. Pas de commentaire particulier

Voir ensemble de l'annexe 4.

4.1.1.6 Végétation "adulte", Echandens

Ce site a été retenu pour sa végétation existante et adulte de lierre commun et de vigne vierge. La paroi antibruit, en béton, est située en bordure d'autoroute. La paroi concernée est orientée face au Nord.

Si les deux types de plantes se sont bien développées verticalement, avec le recouvrement de la partie supérieure de la paroi, en largeur leur développement est moins important du fait du positionnement alterné des variétés. La zone de croissance et ainsi délimitée naturellement en largeur. En automne, la perte des feuilles et des pétioles implique un apport important d'humus au pied de la paroi.

Ce site est principalement utilisé pour le suivi de l'humidité sous feuillage (voir point 5.2.1.3)

Conclusion: Végétation adulte saine. Pas de commentaire particulier

Voir ensemble de l'annexe 4.

4.1.1.7 Végétation "adulte", Eysins

La vigne vierge présente sur ce site est très abondante et son pouvoir couvrant, de par la taille des feuilles, est très important en période dite "verte".

Les rameaux ont tendance à s'infiltrer très facilement dans les interstices. Leur diamètre peut être relativement important (3 cm mesurés dans le cadre de cette étude. Age de la plante non connu), et provoquer ainsi d'éventuels dégâts à la structure. Dans le cas présent, ces infiltrations ont permis à la plante de se développer au dos de la paroi antibruit, côté est (illustration N°6A).

En automne, la perte des feuilles et des pétioles implique un apport important d'humus au pied de la paroi (illustration N°6B).



Conclusion: Végétation adulte saine. Pas de commentaire particulier

Voir ensemble de l'annexe 4.

4.1.2 Evaluation par variété de plantes

4.1.2.1 Lierre à grandes feuilles (Hedera colchica)

Le lierre à grandes feuilles est la plante qui s'est le mieux adaptée à toutes les situations et contraintes rencontrées. Son développement et son adaptation à l'environnement sont considérés comme bons et ceci, quelque soit l'orientation et l'exposition de la plante.

Son développement peut être qualifié de rapide d'autant plus si le lieu est entretenu.

Un risque d'infiltration des racines et de rameaux aux travers des parois existe, tout comme pour le lierre commun, mais aucune observation de ce type n'a été constatée sur l'ensemble des sites de plantations témoins.

4.1.2.2 Chèvrefeuille (Lonicera japonica)

Le développement du chèvrefeuille sur l'ensemble est considéré comme bon. Sa croissance s'est révélée un peu plus difficile que pour le lierre à grandes feuilles. La proximité d'autres végétaux au niveau de sa base ne paraît pas le gêner. En revanche, la concurrence latérale, dans le cas présent de la vigne vierge, influence la direction d'évolution ainsi que la forme de sa couronne (diminution de l'effet "boule" mais allongement en contrepartie), ce qui peut partiellement être expliqué par une course à la lumière.

Comme pour les autres types de plantes, l'entretien des sites favorise le développement et la croissance.

4.1.2.3 Lierre commun (Hedera helix)

Dans l'ensemble, les différents plants de lierre commun ne se sont que faiblement développés mais ont, par contre, résisté aux diverses situations imposées par la sélection et donc de l'environnement spécifique des différents sites d'étude. Il est probable qu'en fonction du terrain, cette plante nécessite un laps de temps plus important dans sa phase initiale de croissance.

Cette plante peut donc être qualifiée de résistante, s'adaptant de manière plus ou moins rapide à l'environnement qui l'entoure.

De manière générale, le développement des plants s'est révélé meilleur sur les sites entretenus.

4.1.2.4 Jasmin étoilé (Trachelospermum sp.)

Le jasmin étoilé est la plante qui s'est le moins bien adaptée aux différentes situations. Sa croissance est restée très faible sur l'ensemble des sites même si les zones ensoleillées ont une incidence positive sur son développement. Son environnement doit être de préférence stable et ensoleillé. Malgré cela, cette plante reste "fragile" et il est estimé qu'un entretien régulier est nécessaire. Du fait de cet entretien, cette variété reste mieux adaptée à une utilisation (toujours pour paroi antibruit) en jardin "privé".

4.1.2.5 Vigne vierge (Parthenocissus tricuspidata)

L'évaluation de la vigne vierge s'est fait uniquement sur de la végétation adulte. Les grandes feuilles lobées ont un pouvoir protecteur important de par la disposition étagée de celles-ci. Cette protection n'est cependant que périodique du fait de la nature caduc des feuilles. L'encombrement latéral (distance à la paroi) peut se révéler être relativement important. Les rameaux ont tendance à s'infiltrer facilement dans les interstices. D'un point de vue esthétique, cette plante offre de belles couleurs rouges en automne.

4.1.3 Synthèse de l'évolution des plantes

Les observations faites et les résultats obtenus sont considérés sur l'ensemble de l'étude comme concluants. Ils permettent de comprendre le comportement et la progression de chacune des variétés dans des situations différentes.

Concernant les résultats relativement négatifs obtenus sur le site du Cedotec, ils s'expliquent de diverses manières. Tout d'abord, il est à rappeler que ce site est le plus élevé des sites témoins avec une altitude de 692m. De plus, la situation dans un pré "dégagé" et donc fortement exposé, n'offre aucune protection environnante contre les éléments naturels tels le vent, le soleil, la neige, etc. Les cubes en eux-mêmes ne sont pas suffisamment imposants du point de vue de leur taille pour offrir une protection quelconque aux différentes plantes. Le dernier élément à retenir est le fait que ce site n'a pas été entretenu par rapport à la végétation environnante ainsi que du point de vue d'un apport d'eau (arrosage).

Le site du Cedotec a obtenu les plus mauvais résultats sur l'ensemble des sites par rapport à l'évolution des plantes.

Influence de l'orientation

Le développement des différents types de plantes n'a pas autrement posé problème de manière que celles-ci ont pu, de façon plus ou moins mitigée, se développer sous les diverses orientations et expositions. Mais les observations et résultats montrent clairement que les lierres "préfèrent" les zones moins ensoleillée qui s'étendent du nord au sud-est. Les zones sud à sud-ouest semblent moins favorables. L'ouest, à nouveau, offre des conditions propices à leur développement.

Le chèvrefeuille ainsi que le jasmin étoilé, hormis les zones nord-est, sont favorables à des climats plus ensoleillés allant du sud-est au sud-ouest.

Il est intéressant de noter que les deux plantes à "couronne" nécessitent un ensoleillement plus long et plus chaud que les lierres qui, eux, préfèrent des climats plus frais et humides.

Développement des plantes

De manière générale, le lierre à grandes feuilles est la plante ayant eu le plus de facilité à s'imposer, suivie du chèvrefeuille et du lierre commun. Le jasmin étoilé a, quant à lui, eu plus de peine à se développer.

Le style de croissance diffère fortement entre les lierres et le chèvrefeuille ainsi que le jasmin étoilé. Ces deux dernières plantes nécessitent non seulement une structure en base fil de fer ou treillis, mais leur développement se fait principalement au niveau de la couronne pour ce qui est du chèvrefeuille et sur le pourtour de la tige centrale pour ce qui du jasmin étoilé. De ce fait, ce genre de développement a pour particularité de ne pas avoir nécessairement un effet "couvrant" de la paroi. De plus, ce type de croissance peut également avoir pour conséquence un encombrement (latéral) important si aucun entretien n'est périodiquement entrepris.

Il est constaté que malgré le fait que ces plantes soient capables de se développer de manière indépendante, un entretien des zones a un effet bénéfique sur leur développement (vivacité) mais a également un impact sur leur vitesse de croissance. De plus, si les plantes sont soignées (taille), ces phénomènes s'accentuent encore. La taille, principalement des couronnes du chèvrefeuille et du jasmin étoilé, permet de réduire considérablement l'encombrement entre paroi et voie de circulation.

Dans le cadre des lierres, le développement se réalise de manière beaucoup plus plate à l'image d'un "tapis" (largeur, hauteur) et moins en épaisseur. Le lierre, de par sa densité de feuillage, a un pouvoir couvrant important en comparaison au chèvrefeuille et surtout par rapport au jasmin étoilé. Le lierre est donc le plus susceptible de protéger une paroi antibruit contre les précipitations directes du fait également du caractère persistant de ces feuilles.

Variétés de plantes	Sites						
	Lullier	Cedotec	Le Mont	Belmont	Echandens	Nyon	Eysins
Lierre commun	0	++	+	++	++	++	+
Lierre à grandes feuilles	+		+			+	++
Chèvrefeuille	+		++			+	+
Jasmin étoilé	00		++			+	0
Vigne vierge					++		++
Très bon (++) à très mauvais (00)							

Tableau 1: Evaluation des plantes par site

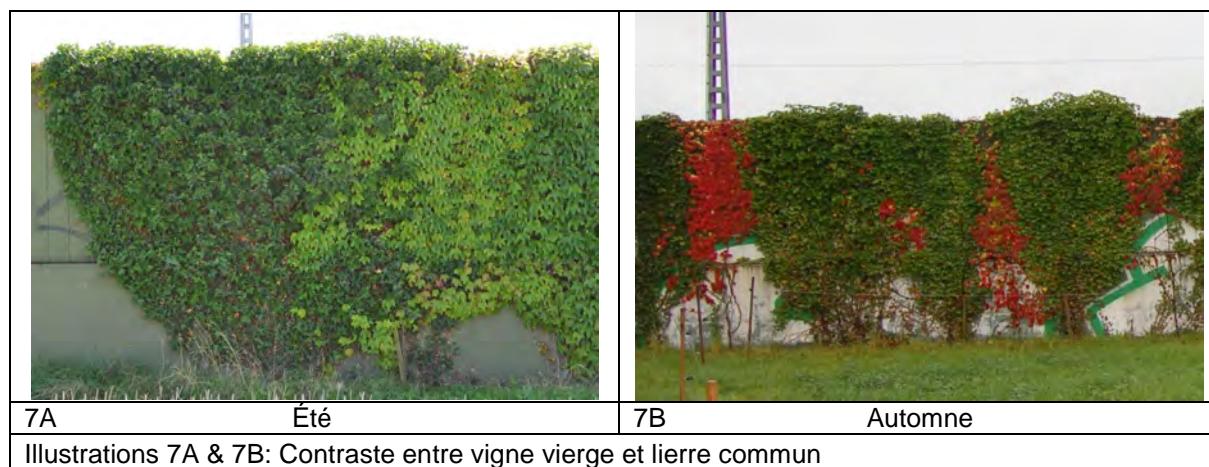
L'évaluation de l'état des plantes par site, présentée dans le tableau ci-dessus, est basée sur le développement global de chaque variété sur la durée de l'étude mais sans tenir compte de l'orientation. La vigne vierge n'étant pas une plante témoin, son évaluation s'est faite uniquement sur sa vivacité (état de santé).

Esthétique

Les variétés de plantes à feuilles persistantes comme les lierres ont l'avantage de procurer une vision de verdure tout au long de l'année. En période de floraison, les fleurs, de par leur couleur, n'offrent que peu de contraste et restent ainsi relativement discrètes.

Les fleurs du chèvrefeuille ou du jasmin étoilé sont de couleurs beaucoup plus vives donnant ainsi un contraste plus marqué avec le feuillage. En automne, la couleur rouge du feuillage de la vigne vierge offre un spectacle particulièrement attractif. Dans certains cas, le jasmin étoilé, peut également offrir de belle teinte rouge en automne.

La combinaison de diverses plantes, par exemple le lierre et la vigne vierge, peut être une variante pour contraster une paroi (Illustrations 7A & 7B).



Illustrations 7A & 7B: Contraste entre vigne vierge et lierre commun

Un autre aspect de l'esthétisme peut être la manière dont se développent les différentes plantes. Dans le cas des lierres et de la vigne vierge, celles-ci se développent de façon à former un "tapis". Le chèvrefeuille ainsi que le jasmin étoilé conservent plus un aspect "d'arbuste" avec leur tige et leur couronne. Dans l'ensemble, l'esthétisme reste propre aux goûts de chacun...

Conclusion: L'évolution et le développement de chacune des variétés divergent fortement selon les circonstances (orientation, conditions climatiques environnantes, etc.) mais il est constaté que dans l'ensemble, les plantes grimpantes sélectionnées pour cette étude sont de nature résistante. En effet, même en l'absence d'un entretien régulier (apport d'eau, taille) toutes les plantes ont su subsister.

4.2 Taux d'humidité du bois sous feuillage

Dans l'esprit des concepteurs et du grand public, l'association de végétaux avec des bardages en bois est très souvent synonyme de risque important de dégradation biologique car il est fréquemment admis que l'humidité sous la couche végétale est supérieure à celle de l'air ambiant. Ainsi, de manière générale, tout est mis en œuvre pour minimiser le contact direct d'éléments pouvant apporter de l'humidité supplémentaire aux parois alors que dans le cas d'une végétalisation, tout laisse à penser que cette dernière va consentir à cet apport.

Sur ce type d'ouvrage, le risque lié à une attaque d'insectes xylophages reste très restreint par rapport aux dangers d'une infection par des champignons lignivores. Généralement, la présence de ces insectes dans le bois est "antérieure" au montage des parois ou alors, apparaissent à la suite d'une infection par des champignons lignivores.

Pour que ces micro-organismes puissent se développer, une teneur en eau minimale du bois doit être atteinte et ceci sur une période prolongée. Le bois, de par sa nature, ne craint pas directement les fluctuations d'humidité. A l'inverse, en cas d'eau "stagnante", condition cadre pour le développement de micro-organisme réunie, la dégradation peut être rapide.

Si les bois en extérieur, sous l'action directe des intempéries, atteignent fréquemment des valeurs limites (saturations des fibres), l'eau n'est généralement pas "retenue" suffisamment longtemps pour permettre à ces organismes de se développer.

A partir d'une teneur en eau du bois de 18%, l'apparition des premiers champignons (bleuissement) peut être effective mais n'affecte alors le bois que de manière "esthétique". Jusqu'à un taux de 25%, le risque est très faible mais le potentiel de développement des spores, toujours en relation avec la durée, existe. Les conditions optimales pour le développement de champignons "lignivores" se situent entre 35% et 60% d'humidité du bois [Lignatec 14/2003].

En considérant qu'il n'existe pas de défauts constructifs, les conditions climatiques pour le développement d'organismes lignivores sont:

	Teneur en eau du bois en %		Température en °C
	Minimum	Optimum	Optimum
Moisissures	18	25 – 70	24 – 28
Champignons lignivores	25	35 – 60	18 – 31

Tableau 2: Conditions climatiques pour le développement des champignons

Une valeur de l'humidité du bois inférieure à 25% permet d'assurer une bonne durabilité du bois, en l'occurrence les parois antibruit.

4.2.1 Définition des critères d'analyse

Dans le cadre de cette étude, toutes les parois considérées sont construites dans les règles de l'art et ne présentent pas de zones permettant à l'eau de stagner.

L'appareil de mesure mentionné sous le point 4.3 (GANN Hydromètre HTR 300) est considéré comme fiable jusqu'à des valeurs d'humidité du bois de 30% (env. saturation des fibres). Au-delà, les mesures au moyen d'appareils électriques ne sont plus réalisables. De plus, au-delà de cette valeur (zone à risque), la valeur numérique proprement dite n'a plus d'importance.

Les valeurs des mesures sont dans un premier temps analysées par site d'étude.

Sur le site du **Cedotec** (site référence pour le bois exposé), l'analyse se porte sur le comportement de l'humidité de bois exposé en fonction de l'orientation cardinale.

Au **Mont**, il s'agit principalement de définir si les échantillons sous feuillages subissent des influences en fonction de l'orientation divergente des façades.

A **Echandens**, il s'agit d'évaluer les différences entre des échantillons totalement exposés et d'autres continuellement sous feuillages.

Du fait de la végétation à feuilles caduques (vigne vierge), le site de **d'Eysins** permet d'évaluer l'influence d'une protection périodique des échantillons par rapport à ceux exposés en permanence.

Le but principal de cette analyse reste de définir si les éléments sous feuillages présentent des taux d'humidité plus élevés que les éléments exposés. L'analyse doit également permettre de définir, en fonctions des valeurs de mesures obtenues, le risque potentiel face à des attaques de micro-organismes.

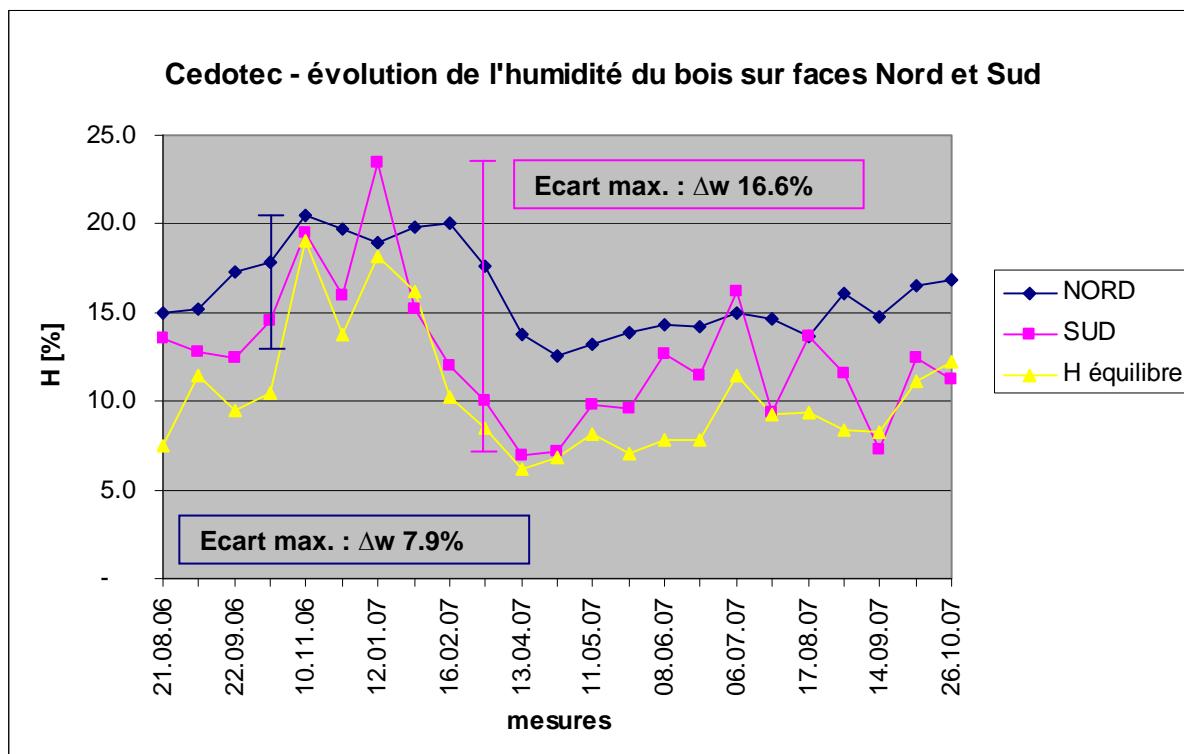
Dans l'ensemble, la campagne de mesure a été réalisée sur une période d'environ une année, à raison d'une visite des sites toutes les deux semaines.

Parallèlement, une courte campagne de mesures a été effectuée sur le site du Cedotec sur une période de 8 jours, à raison de 3 relevés par jour. Le but est de démontrer la rapidité de séchage du bois (l'équilibrage hydroscopique) suite à des précipitations.

4.2.2 Analyse des mesures

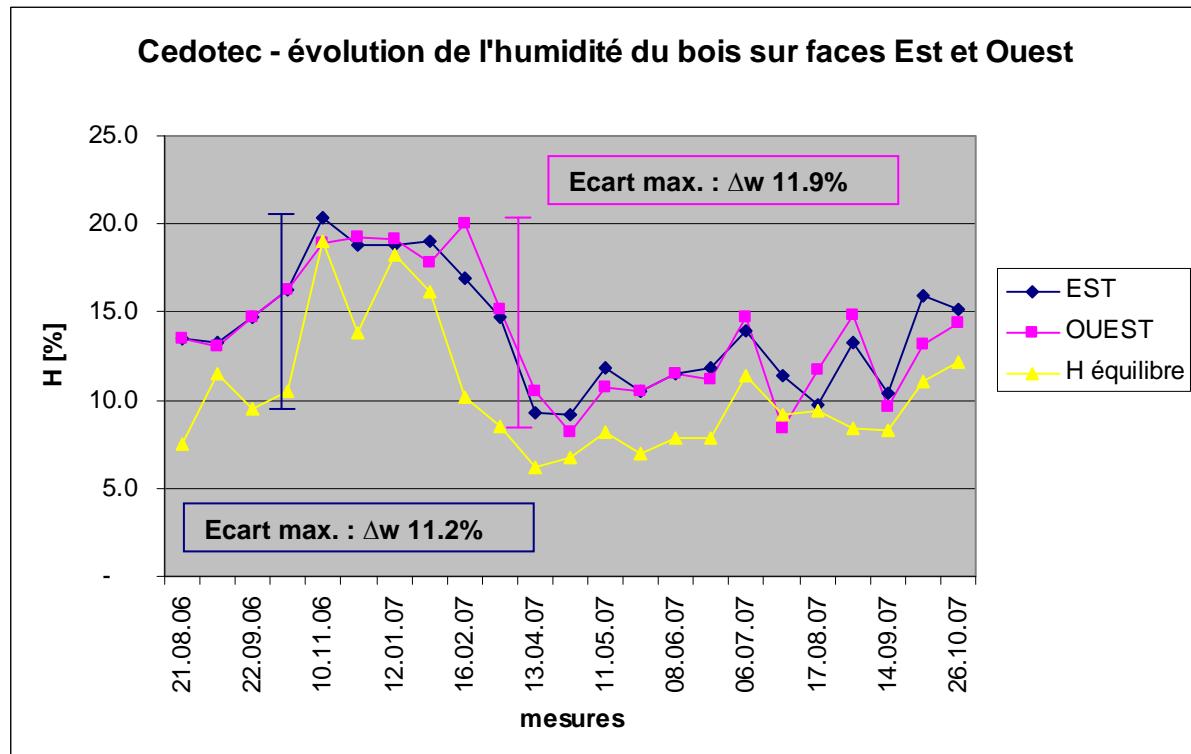
4.2.2.1 Analyse des relevés, Cedotec

Ce site est le site de référence pour les mesures d'humidité sur un lambrissage exposé. Selon les valeurs obtenues, la façade nord présente la plus forte humidité mais également la plus stable au niveau de l'intensité des variations. A l'opposé, la face sud est la moins humide, ce qui s'explique par un ensoleillement plus conséquent et donc des variations hydroscopiques du bois beaucoup plus "rapides", d'où une intensité des fluctuations d'humidité également plus importante. La courbe des relevés sud est la plus proche de la courbe d'humidité d'équilibre théorique.



Graphique 1A: Valeurs humidité Nord – Sud, Cedotec

Les valeurs des faces est et ouest se situent entre les valeurs des deux autres faces, ceci aussi bien d'un point de vue du taux d'humidité du bois que du point de vue de la variation de la courbe (stabilité). Ainsi, il est établi que plus l'humidité est élevée (en rapport avec l'orientation), plus l'intensité de la variation est faible.



Graphique 1B: Valeurs humidité Est – Ouest, Cedotec

Valeurs moyennes (période d'étude) des taux d'humidité du bois enregistrés sur le site du Cedotec:

Orientation	Variation d'humidité du bois	Taux d'humidité moyen	Exposition à la pluie	Ensoleillement
	Δw %	%		
Nord	7.9	16.2	O	O
Sud	16.6	12.6	+	++
Est	11.2	13.9	O	O+
Ouest	11.9	13.8	++	+

Tableau 3: Valeurs humidité moyennes, Cedotec

Dans l'ensemble, la période pendant laquelle l'humidité du bois se révèle être la plus haute reste la période hivernale avec une mesure max de 23,5% enregistrée sur la face sud. Le printemps est la période la plus sèche.

Conclusion:

Les résultats indiquent clairement que pour des bois totalement exposés, les taux d'humidité n'excèdent 20% que sur des périodes très restreintes, de sorte qu'il n'y a pas de développement de micro-organismes.

Les valeurs d'humidité d'équilibre du bois tirées de la littérature restent inférieures aux valeurs effectives mesurées, ceci du fait de l'effet de "déphasage" des taux d'humidité effectifs mesurés sur les parois en bois.

Sur les faces sud est ouest, les mesures indiquent que les variations d'humidité sont plus importantes que sur les deux autres faces. Les mouvements du bois (retraits /gonflements), étant également plus rapides créent d'importantes tensions internes provoquant plus de microfissures, ainsi, le vieillissement du bois est plus marqué (Illustration 8).

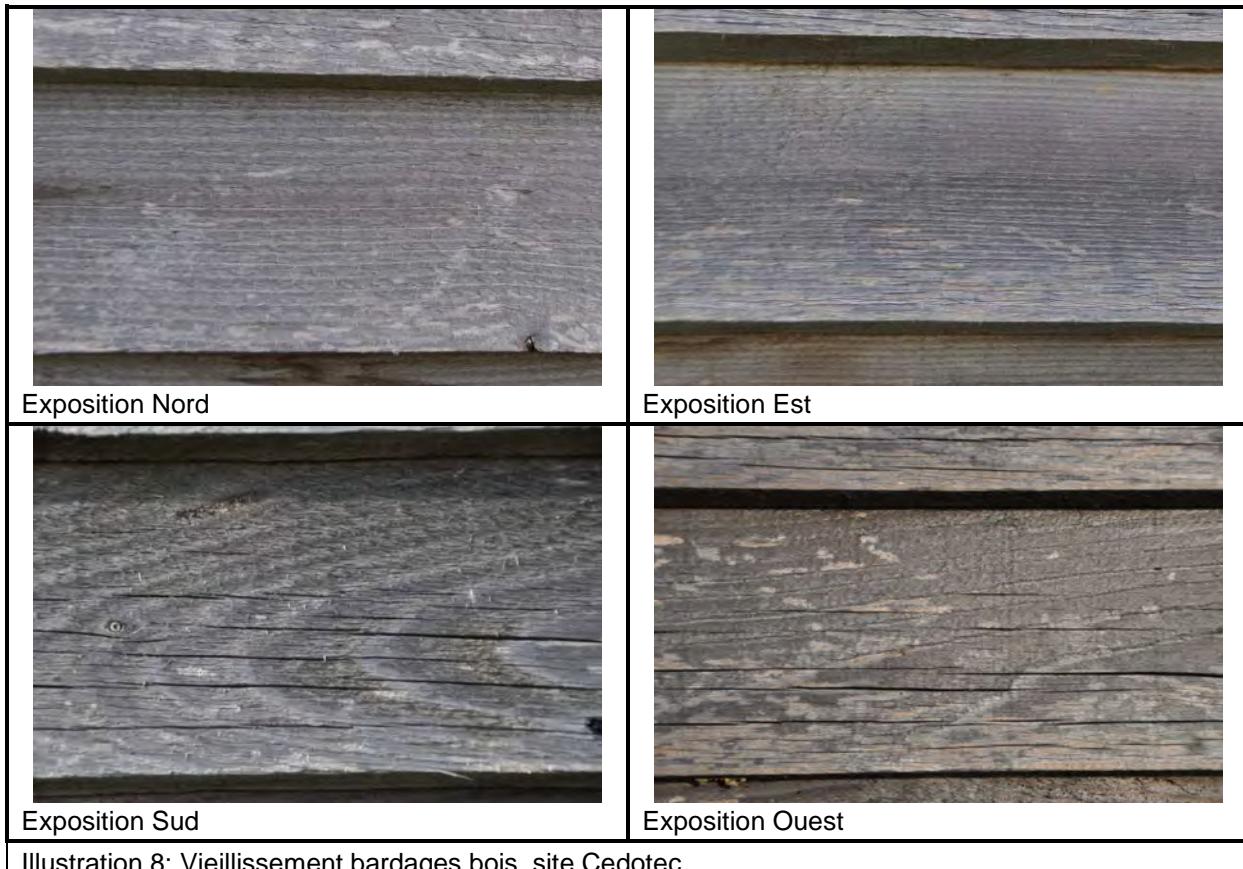
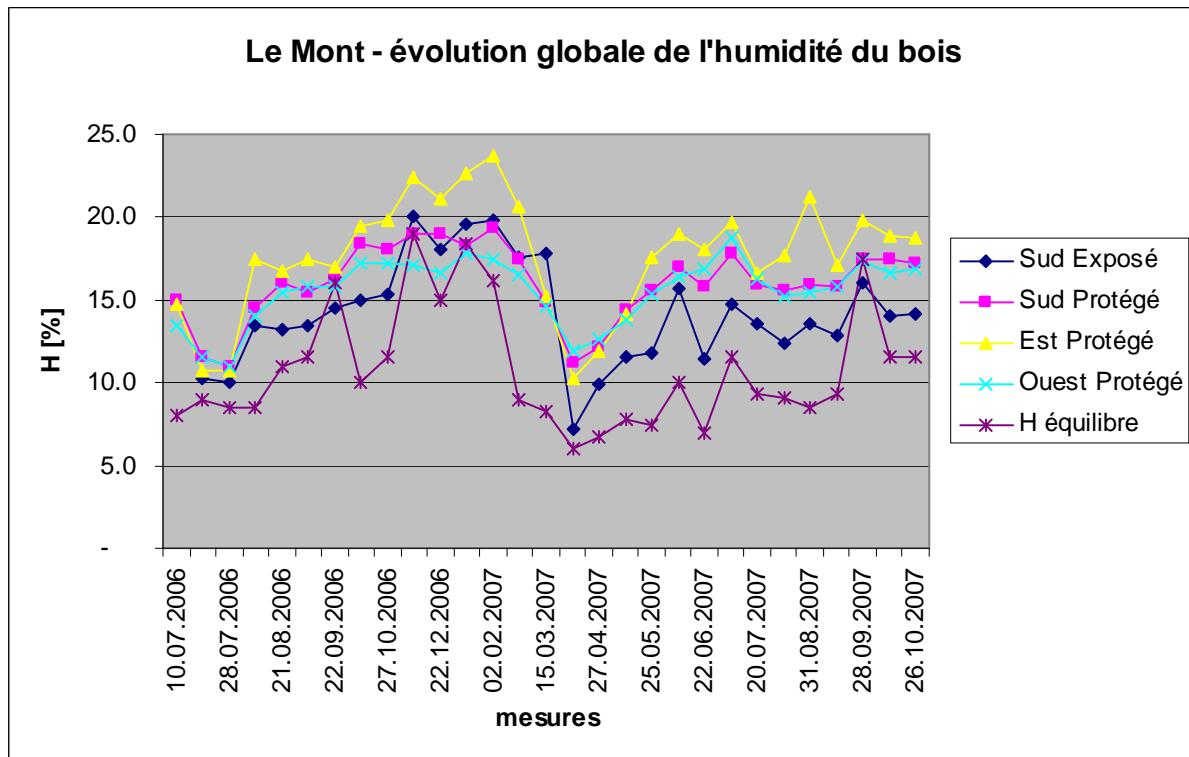


Illustration 8: Vieillissement bardages bois, site Cedotec

4.2.2.2 Analyse des relevés, Le Mont

Les échantillons mis en place sur le site du Mont sont situés sous un feuillage abondant de lierre commun est disposées selon les expositions des façades au sud, à l'est et à l'ouest. Un quatrième échantillon a été positionné de manière totalement exposé en direction du sud. Du fait de l'abondance de la végétation, les échantillons ne peuvent en aucun cas recevoir de l'eau de pluie de manière directe. Seul le ruissellement sous feuillage peut éventuellement humidifier ces échantillons.



Graphique 2: Valeurs humidité, Le Mont

Sous feuillage, l'orientation joue un rôle minime et les courbes restent relativement proches les unes des autres. L'échantillon exposé aux intempéries présente les taux d'humidité les moins élevés et les plus proches de la courbe d'humidité d'équilibre. Sur l'ensemble, les échantillons ont une teneur en eau légèrement supérieure par rapport aux échantillons exposés du Cedotec.

Les valeurs moyennes des taux d'humidité du bois enregistrées sur la période d'étude sont:

Orientation	Variation d'humidité du bois	Taux d'humidité moyen	Exposition à la pluie	Ensoleillement
	$\Delta w \%$	%		
Nord	-	-	-	-
Sud exposé	12.7	14.2	+	++
Sud	8.3	16	O	O
Est	13.5	17.6	O	O
Ouest	7.7	15.5	O	O

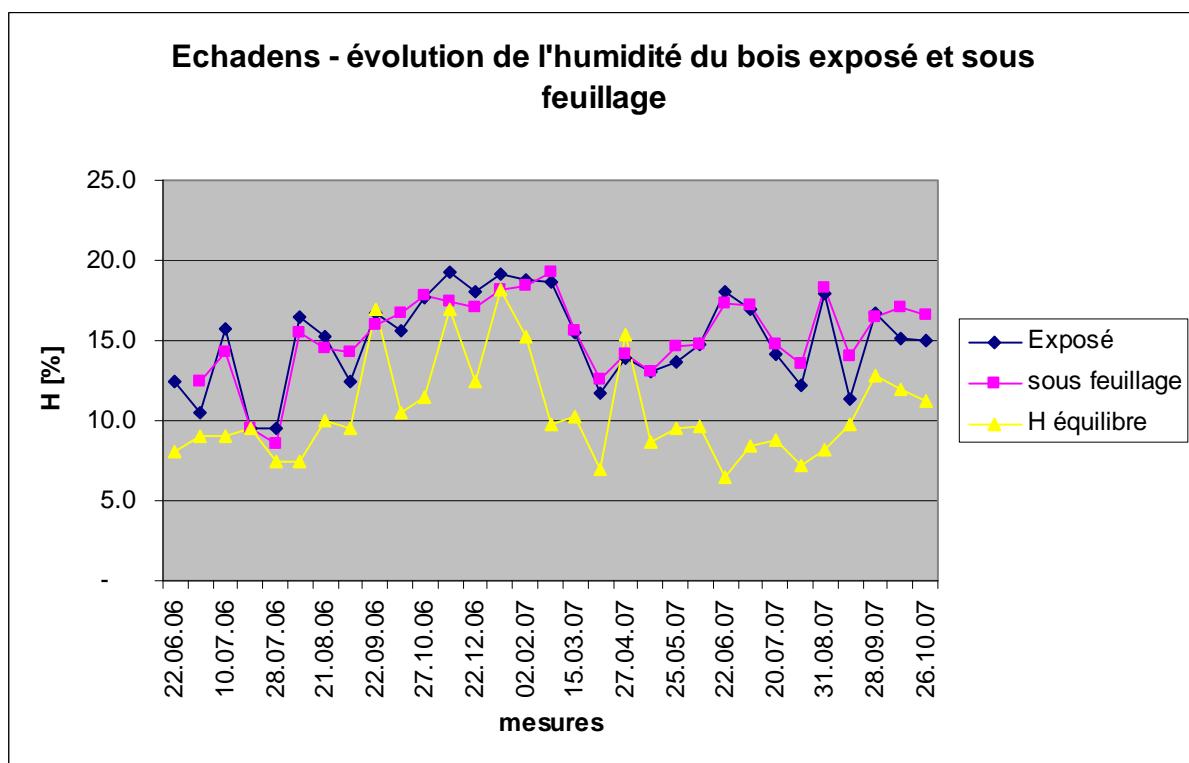
Tableau 4: Valeurs humidité moyennes, Le Mont

Conclusion: Les valeurs supérieures à 20% enregistrées ne représentent pas un risque majeur pour les attaques de champignons lignivores. En effet, le dépassement est limité dans le temps et se situe en période hivernale où les champignons ne peuvent pas se développer en raison de la température insuffisante.

4.2.2.3 Analyse des relevés, Echandens

Orientée face au nord, la paroi antibruit en béton est habillée de vigne vierge et de lierre commun. Des échantillons ont été disposés contre la structure béton ainsi que sous le lierre commun.

	
Illustration 9: Echantillon exposé	Illustration 10: Echantillon sous feuillage



Graphique 3: Valeurs humidité, Echadens

Les valeurs des deux courbes se confondent pratiquement. La valeur max. d'humidité du bois enregistrée est de 19,3% et ceci aussi bien sur l'élément exposé que sous feuillage. Les courbes sont les plus "plates" sur l'ensemble des sites.

Les valeurs moyennes des taux d'humidité du bois enregistrées sur la période d'étude sont:

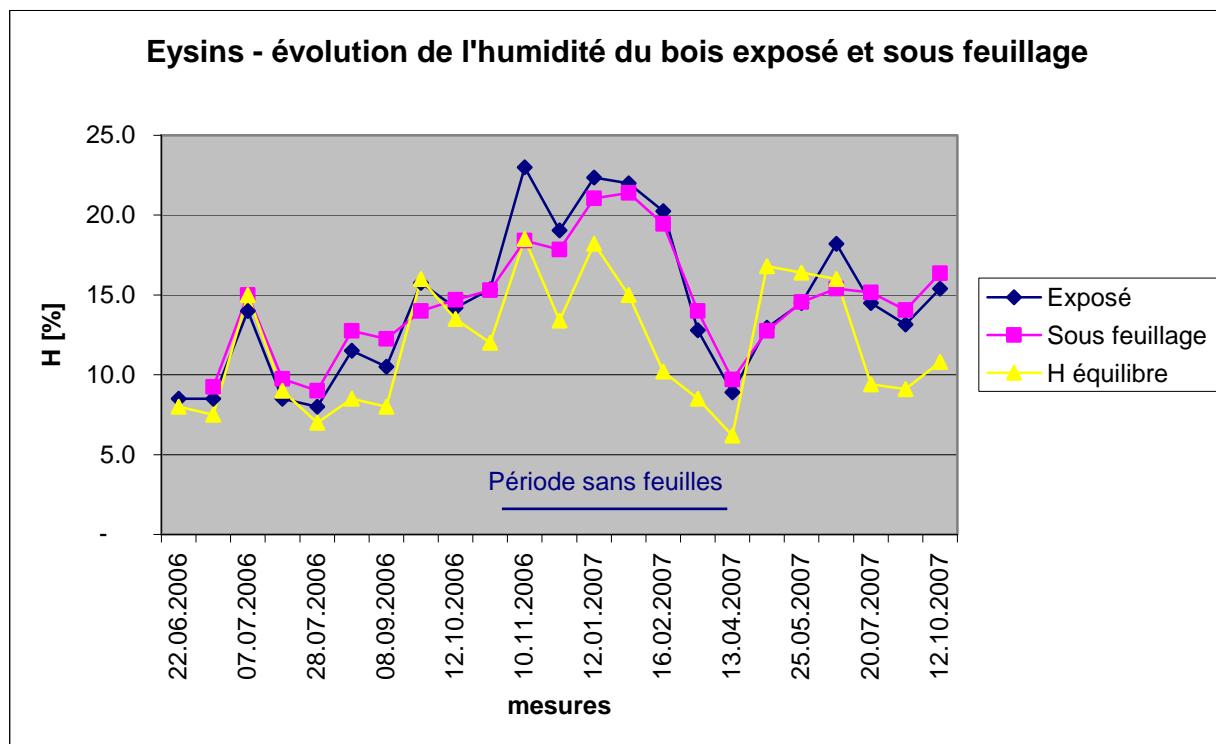
Orientation	Variation d'humidité du bois	Taux d'humidité moyen	Exposition à la pluie	Ensoleillement
	$\Delta w \%$	%		
Nord exposé	9.8	15.0	O	O
Nord protégé	10.9	15.3	O	O

Tableau 5: Valeurs humidité moyennes, Echandens

Conclusion: L'orientation joue un double rôle sur les résultats constatés. D'une part, la paroi n'est que peu atteinte de manière directe par les précipitations d'où une différence moins marquée entre éléments exposés et sous feuillage. D'autre part, les zones orientées nord, soit à l'ombre, présentent des taux d'humidité relatifs de l'air plus élevés que dans les autres zones, ce qui à pour conséquence un taux d'humidité du bois plus élevé. L'absence d'ensoleillement direct empêche un séchage rapide. Il en résulte une certaine constance des courbes d'humidité (plat). Aucune mesure au-delà de 20% d'humidité n'a été enregistrée. Ce site ne présente aucun risque face à une attaque de champignons lignivores.

4.2.2.4 Analyse des relevés, Eysins

Le site d'Eysins est situé en bordure d'autoroute. La paroi antibruit en bois est recouverte par de la vigne vierge à feuilles caduques. Ainsi, les échantillons de bois situés sous la végétation durant une bonne partie de l'année se retrouvent à "nu" en hiver. La perte des premières feuilles a été constatée fin octobre alors que les nouvelles sont apparues début avril. Le feuillage est considéré comme couvrant dès la fin mai. Orientée ouest, cette paroi est relativement bien exposée aux intempéries.



Graphique 4: Valeurs humidité, Eysins

Les courbes de tendances formées par les valeurs de ces différents échantillons se suivent de manière régulière tout au long de la période d'étude. Ces courbes sont les plus parallèles par rapport aux courbes établies sur les autres sites. Pratiquement aucune différence n'est constatée entre les éléments exposés et ceux sous feuillage et ceci, même au cours de la période dite "verte" (présence de feuilles). Le feuillage de la vigne vierge a un important

pouvoir protecteur pour la paroi, du fait de la disposition des feuilles à l'image des "tuiles" d'un toit. Cependant, la grande taille ainsi que la distance séparant ces feuilles de la paroi (pétioles), rend le feuillage moins dense en comparaison à celui d'un lierre. La conséquence est que l'effet "micro climat" ne se produit pas du fait d'une meilleure circulation de l'air au sein même du feuillage.

Si aucun problème d'humidité n'a été constaté sur ce site, un certain risque de détérioration mécanique de la paroi existe. En effet, il a été constaté que bon nombre de racines se sont infiltrées au travers de la paroi pouvant constituer, à long terme, des zones à risque (infiltration d'humidité).

Les valeurs moyennes des taux d'humidité du bois enregistrées sur la période d'étude sont:

Orientation	Variation d'humidité du bois	Taux d'humidité moyen	Exposition à la pluie	Ensoleillement
	$\Delta w \%$	%		
Ouest exposé	17.0	14.5	++ (O)	+ (O)
Ouest protégé	12.4	14.6	O	O

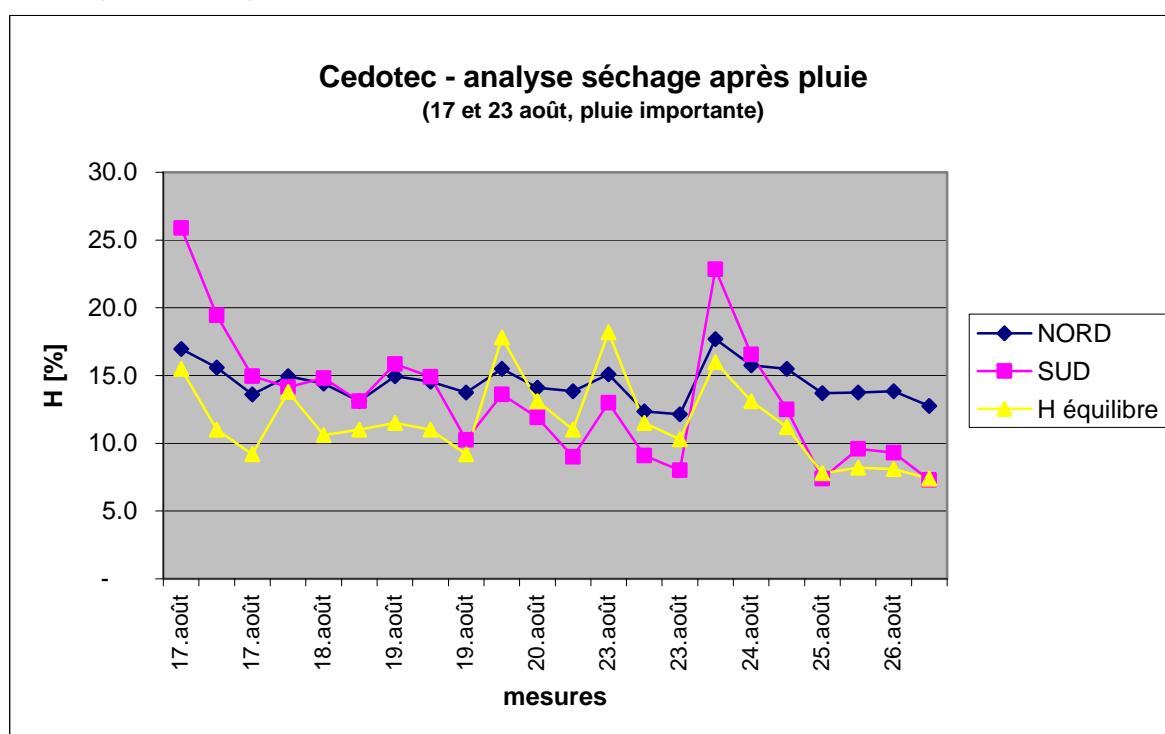
Tableau 6: Valeurs humidité moyennes, Eysins

Conclusion: Dans l'ensemble, le feuillage caduc n'a pas eu d'influence prépondérant sur l'ensemble des mesures. Malgré la forte exposition aux intempéries, ce site ne présente pas de risque face à une attaque de champignons lignivores. La seule menace est une éventuelle détérioration mécanique engendrée par l'infiltration de racines aux travers de la paroi.

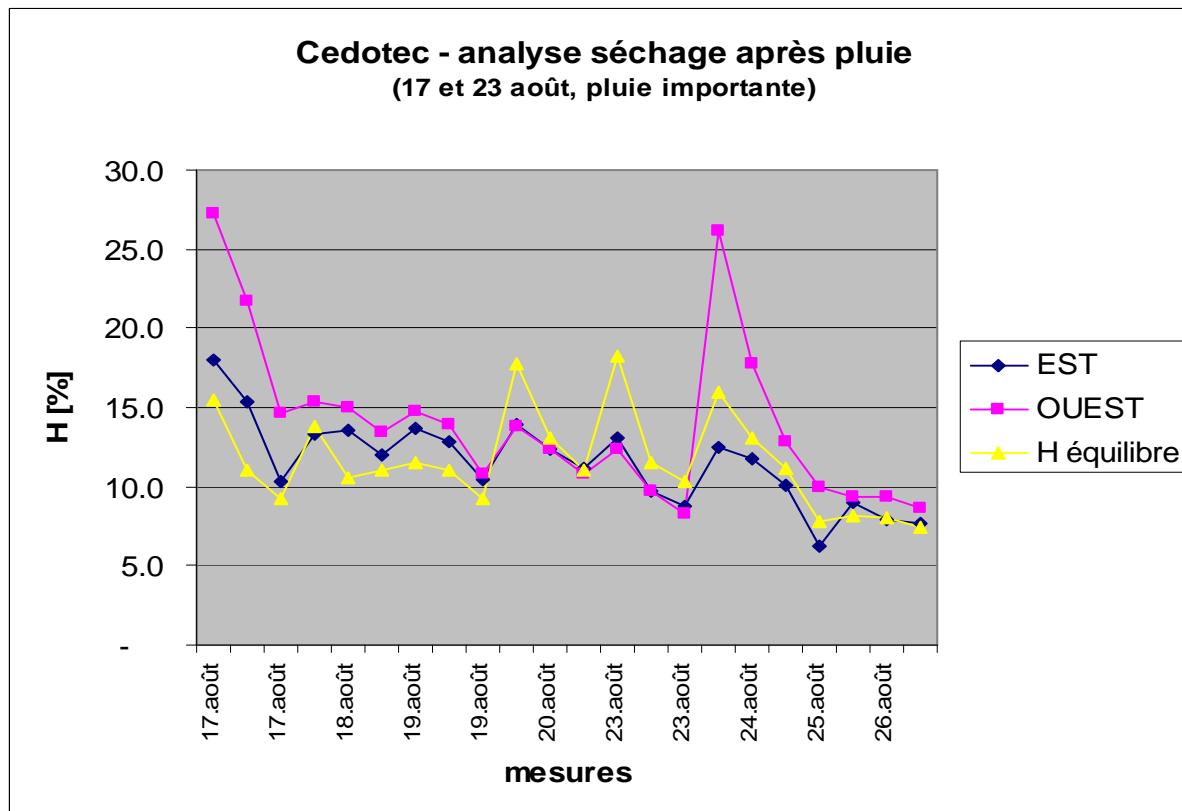
4.2.2.5 Analyse d'assèchement après intempéries et variations journalières

Cette courte campagne de mesure réalisée sur le site du Cedotec permet de montrer la vitesse d'adaptation de l'équilibre hydroscopique du bois par rapport à l'humidité relative de l'air environnant après un épisode pluvieux.

Sur les deux graphiques suivants, les zones de "pics" indiquent des périodes de pluies d'où une humidité du bois plus importante (mesures effectuées sur des surfaces sèches au toucher). Des précipitations ont eu lieu au cours des nuits du 16 au 17 et du 23 au 24 août. Plus exposées, les parois sud et ouest présentent des valeurs plus élevées qu'au nord et à l'est en période de pluie.



Graphique 5A: Valeurs humidité Nord - Sud, Cedotec (Période de pluie)



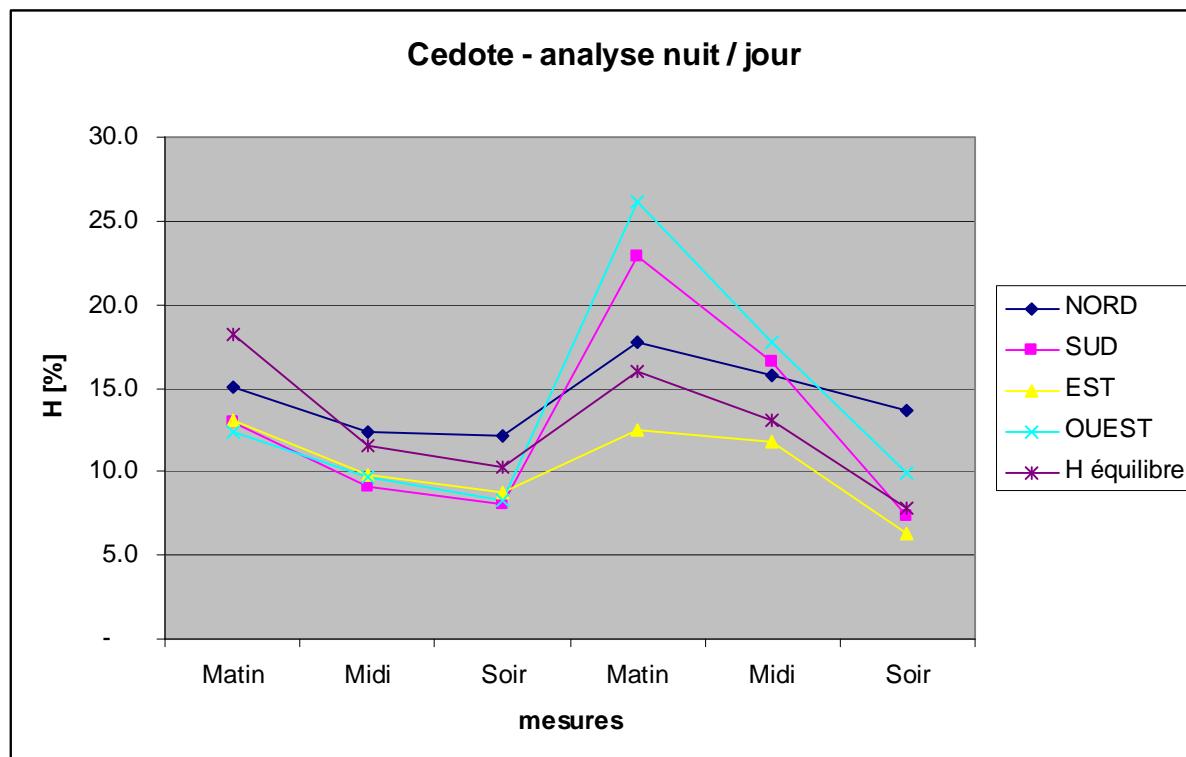
Graphique 5B: Valeurs humidité Est - Ouest, Cedotec (Période de pluie)

Valeurs moyennes (8 jours) des taux d'humidité du bois enregistrés sur le site du Cedotec:

Orientation	Variation d'humidité du bois	Taux d'humidité moyen	Exposition à la pluie	Ensoleillement
	$\Delta w \%$	%		
Nord	5.5	14.5	O	O
Sud	18.6	13.3	+	++
Est	10.4	11.5	O	O+
Ouest	18.9	14.0	++	+

Tableau 7: Valeurs humidité moyennes (journalière), Cedotec

Le graphique ci-dessus présente le détail de l'évolution sur deux jours. Sur l'ensemble de la première journée (temps clément), les taux d'humidité des faces sud et ouest sont les plus bas. Suite à la pluie nocturne, de par leur exposition, les taux d'humidité de ces deux faces augmentent rapidement pour atteindre entre 23% et 26% d'humidité au matin. Au cours de la journée, sans précipitation, ces taux d'humidité diminuent à nouveau (séchage) pour atteindre des valeurs proches de celles du jour précédent. A l'ouest la perte d'humidité (variation d'humidité du bois) en une journée est de 16,3 Δw pour atteindre 9,9%.



Graphique 5C: Valeurs humidité 2 jours, Cedotec

Conclusion: Cette étude de courte durée montre clairement à quelle vitesse la prise ou la perte d'humidité peut s'effectuer. Un bois humide le matin peut être considéré comme sec le soir et inversement.

4.2.3 Synthèse des relevés

Ecarts d'humidité entre échantillons exposés et sous feuillage.

La comparaison des taux d'humidité du bois sous feuillage et du bois non protégé a été réalisée sur les sites du Cedotec et celui du Mont du fait de leur proximité et de l'orientation identique des faces et façades. La différence de température entre ces deux lieux ne varie en moyenne que de 1°C.

La comparaison est réalisée à partir des valeurs moyennes établies sur la durée de l'étude. Si les valeurs des taux d'humidité, et ceci qu'elle que soit l'orientation, sont légèrement plus élevées pour les échantillons sous feuillage, celles-ci ne sont pas significatives et ne présentent pas de danger du point de vue d'une teneur en eau critique pour un quelconque développement d'agents biologiques.

En période de pluie, l'écart se minimise du fait que les échantillons exposés absorbent une plus grande quantité d'humidité que les échantillons protégés. A l'inverse, en période sèche, l'élimination de l'humidité du bois protégé est plus difficile du fait que le soleil n'atteint pas de manière directe les échantillons. De plus, le feuillage agit comme une "fermeture" en freinant la vitesse d'équilibrage hydroscopique avec l'humidité relative de l'air environnant. Le climat sous feuillage agit pratiquement comme un "microclimat" d'autant plus si le feuillage est serré comme celui du lierre.

Variation annuelle des taux l'humidité

De manière générale, la période pendant laquelle les taux d'humidité du bois sont les plus élevés, est la période hivernale, ce qui d'un point de vue technique est logique. En effet, pour une même quantité d'eau contenue dans l'air, le taux d'humidité est nettement plus élevé lorsque l'air est froid. Il en résulte rapidement une condensation que l'on observe avec la rosée matinale. De ce fait, la quantité d'eau en contact avec les éléments environnents étant plus importante, le matériau bois, de par sa nature et de l'équilibre hydroscopique, va ainsi réagir en captant cette humidité. La seconde période la plus élevée est la période d'été

où la température atmosphérique est la plus élevée, période pendant laquelle la photosynthèse est la plus active. La transpiration des plantes influence donc directement la zone environnante de la plante en produisant une quantité importante d'humidité qui peut être ainsi captée par les parois bois.

Toujours en considérant que les zones sous feuillages sont légèrement plus humides que les zones extérieures, la variation de la courbe formée par les relevés de mesure fluctue, de manière générale, nettement moins lorsque le bois est sous feuillage. Ceci peut s'expliquer d'une part parce que l'équilibre de l'humidité reste beaucoup plus stable sous un feuillage que dans une zone dégagée. Ainsi, même si sous la végétation le taux est plus élevé, la venue de précipitations ne va pas directement influencer la teneur en eau du bois, à l'inverse d'une pièce exposée, mais va influencer uniquement l'air ambiant d'où un temps d'adaptation au taux d'humidité environnant beaucoup plus long. Les zones sous feuillages peuvent être considérées comme beaucoup plus stable du point de vue de l'humidité.

4.3 Impact de la végétalisation sur la paroi

D'un point de vue technique, la végétalisation ne peut pas être considérée comme une protection effective de la paroi antibruit. Cependant, l'atténuation des valeurs hydroscopiques se révèle être bénéfique pour la pérennité de l'ouvrage.

Selon la sélection de la plante, de son pouvoir couvrant et de la densité de son feuillage, celle-ci peut être à même de détourner l'eau des intempéries de manière à ce que le bois ne soit pas humidifié de manière directe.

L'apport d'humidité par les plantes elles-mêmes est quasi insignifiant. De manière générale, il a été constaté que sous le feuillage, les courbes des relevés d'humidité sont plus stables (microclimat). Ce phénomène peut être bénéfique d'un point de vue de la stabilité dimensionnelle des éléments en bois, subissant ainsi moins de tensions internes.

D'un point de vue apport d'humidité, il est établi que la végétalisation de paroi n'a aucun impact sur un risque de détérioration. L'apport en humidité n'est en aucun cas significatif pour permettre le développement de micro-organisme.

Les systèmes d'accrochage des plantes n'ont pas d'effets destructeurs pour les parois. Ces dernières servent uniquement de support sur lesquels s'appuient ou se fixent les plantes à l'aide de leurs ventouses ou leurs crampons. De plus, les éléments en bois ne constituent pas un apport nutritif pour le développement des plantes. Celles-ci tirent les ressources nécessaires dans les sols environnants.

Lors du choix de variété de plantes pour une végétalisation de paroi, un paramètre important à prendre en considération est que certaines variétés ont des racines très envahissantes et peuvent occasionner des dégâts d'ordre mécanique à la paroi. Un autre élément peut être les soins que peuvent nécessiter certaines variétés pour leur bon développement (arrosage, taille, etc.).

La végétalisation de parois antibruit en bois est donc une solution que l'on peut recommander et qu'il ne faut en aucun cas proscrire.

Synthèse de l'étude

Cette étude a permis de mesurer et d'évaluer de manière effective et objective l'impact des phénomènes liés aux fluctuations des taux d'humidité sur des éléments en bois exposés et sous feuillages. Elle a également permis de suivre le développement de diverses variétés de plantes grimpantes en situations divergentes et d'identifier leurs besoins.

A la vue des résultats de cette étude, il est considéré que le but premier, à savoir, lever les craintes face à la végétalisation de parois antibruit en bois, est largement atteints.

En considérant que les parois sont construites en bonne et due forme selon l'état de la technique actuelle, l'humidité des plantes ne se révèle en aucun cas déterminant sur les variations d'humidité des éléments en bois de parois. Ainsi, le risque qu'une infection par des microorganismes soit provoquée par l'apport d'humidité des plantes n'est en aucun cas probant.

Conclusion

L'étude sur le thème des "Bardages bois végétalisés", réalisée sur plusieurs années en partenariat avec différentes institutions, a pu confirmer ce qui a été observé sur des revêtements en bois végétalisés où l'on a enlevé les plantes, à savoir que:

Une couverture végétale formée par des plantes grimpantes ne met en aucun cas en péril le bois. Au contraire, l'atténuation des variations hydroscopiques réduit la microfissuration du bois et améliore ainsi sensiblement la durabilité des revêtements bois.

Ce constat est très intéressant dans la mesure où de nombreux riverains préfèrent une paroi habillée de plantes même si elle est en bois.

Index

Index des illustrations

Illustration 1:	Lierre commun	6
Illustration 2:	Lierre à grandes feuilles	6
Illustration 3:	Chèvrefeuille	6
Illustration 4:	Jasmin étoilé	7
Illustration 5:	Vigne vierge	7
Illustration 6A:	Vigne vierge sur dos de paroi	12
Illustration 6B:	Perte des feuilles et des pétioles	12
Illustrations 7A & 7B:	Contraste entre vigne vierge et lierre commun	15
Illustration 8:	Vieillissement bardages bois, site Cedotec	19
Illustration 9:	Echantillon exposé	21
Illustration 10:	Echantillon sous feuillage	21

Index des tableaux

Tableau 1:	Evaluation des plantes par site	15
Tableau 2:	Conditions climatiques pour le développement des champignons	16
Tableau 3:	Valeurs humidité moyennes, Cedotec	18
Tableau 4:	Valeurs humidité moyennes, Le Mont	20
Tableau 5:	Valeurs humidité moyennes, Echandens	22
Tableau 6:	Valeurs humidité moyennes, Eysins	23
Tableau 7:	Valeurs humidité moyennes (journalière), Cedotec	24

Index des graphiques

Graphique 1A:	Valeurs humidité Nord – Sud, Cedotec	17
Graphique 1B:	Valeurs humidité Est – Ouest, Cedotec	18
Graphique 2:	Valeurs humidité, Le Mont	20
Graphique 3:	Valeurs humidité, Echandens	21
Graphique 4:	Valeurs humidité, Eysins	22
Graphique 5A:	Valeurs humidité Nord - Sud, Cedotec (Période de pluie)	23
Graphique 5B:	Valeurs humidité Est - Ouest, Cedotec (Période de pluie)	24
Graphique 5C:	Valeurs humidité 2 jours, Cedotec	25

Annexes