

## « Forêt et quantité d'eau » Etude test sur la commune de Pourcharesses

### Contexte de l'étude

Etudier les **liens entre forêts et quantité d'eau** est un des objectifs identifiés dans la **Charte Forestière de Territoire de Villefort**.

Certains élus communaux ont noté un déficit de quantité d'eau pour des captages d'eau potable lors des dernières années. Divers paramètres expliquent l'importance des débits : caractéristiques climatiques (pluie, vent, rayonnement...), caractéristiques du sol (type de roche, de sol...), occupation du sol... La couverture forestière est un des multiples paramètres qui entrent en jeu. La forêt, en raison de sa transpiration d'une part de l'eau contenue dans le sol et de son interception d'une partie de la pluie incidente, influe sur les quantités d'eau sortant d'un bassin versant. Toutefois, de nombreuses études ont montré que la forêt est l'occupation du sol la plus favorable vis-à-vis de la qualité de l'eau. Comment **concilier préservation de la qualité de l'eau et amélioration de la quantité d'eau** ? Peut-on envisager des sylvicultures permettant de produire une eau de qualité en plus grande quantité ?



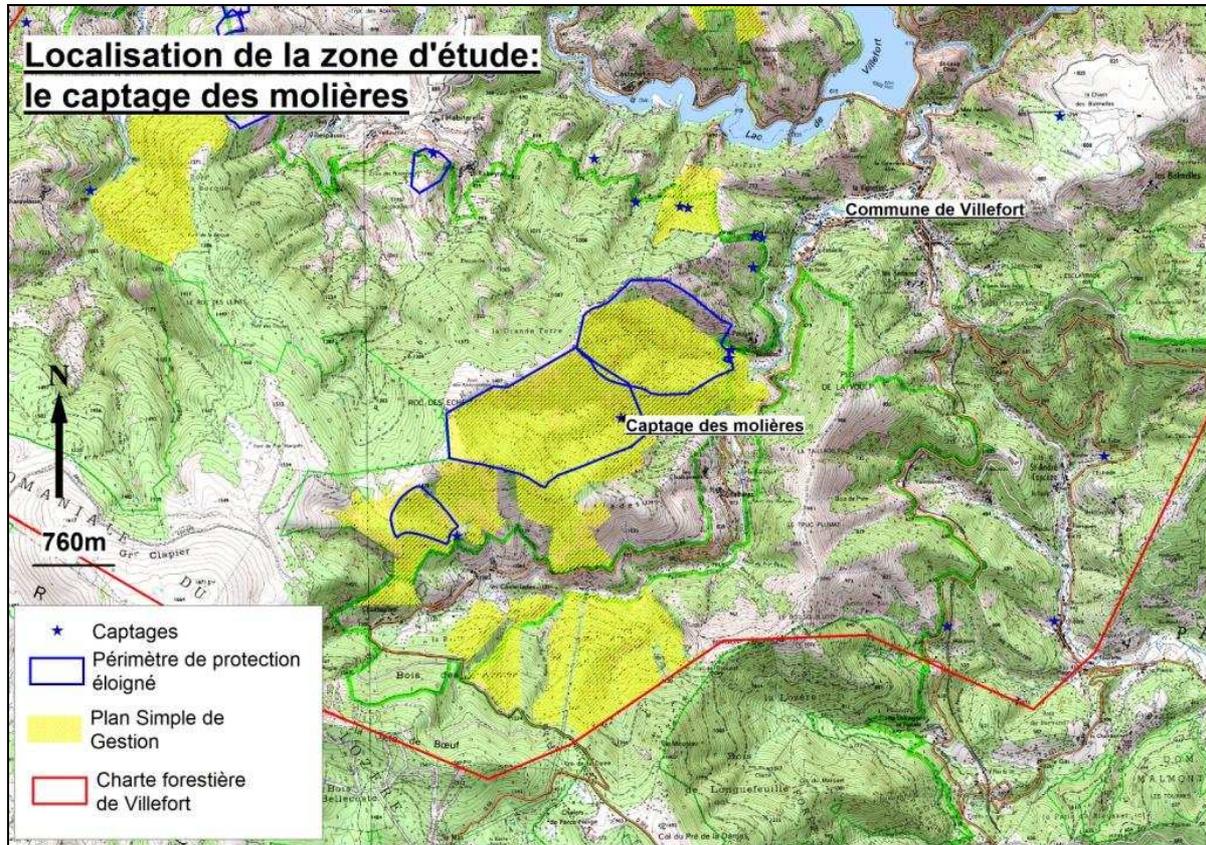
### Objectif

L'objectif de cette étude est d'estimer, sur un bassin de captage donné, **la quantité d'eau de qualité fournie par les zones forestières** et d'évaluer **l'influence de la gestion forestière sur cette quantité**.

### Site d'étude

Le site choisi est celui du **captage des Molières**, situé sur la **commune de Pourcharesses** et desservant cette même commune. Le bassin d'alimentation de ce captage couvre **150 hectares**.

Ce choix fut fait en concertation avec les élus communaux de la Communauté de Communes de Villefort. Le bassin versant du captage des Molières est entièrement couvert de forêt, les types de peuplements présents sont variés. Un seul propriétaire forestier est identifié pour ce bassin : le Groupement Forestier du Pouget.



## Méthode

Face à l'impossibilité de réaliser des mesures directes des quantités d'eau percolées sous forêt, nous avons choisi d'employer un modèle informatique faisant le lien entre la forêt et la quantité d'eau. Ce **modèle de bilan hydrique forestier** se nomme BILJOU, il est développé par l'INRA (voir annexe 1). Il permet de proposer une estimation des quantités d'eau prélevées par la forêt d'une part et de la **quantité d'eau drainée sous la zone forestière** (soit disponible pour l'utilisation en eau potable) d'autre part. En étudiant ces deux composantes du bilan hydrique, il est possible de proposer des **pistes de réflexion quant à l'influence de la gestion forestière sur la quantité d'eau**.

Des mesures de terrain ont été faites afin de préciser l'importance du couvert des différents types de peuplement (nommé « LAI, indicateur de surface foliaire »), ainsi que quelques caractéristiques de sol. Les données Météo France des stations les plus proches ont été utilisées (pluie, température, vent, rayonnement, humidité).

Ces éléments ont été intégrés dans le modèle Biljou, ce qui permet d'avoir des **résultats adaptés** au bassin du captage des Molières.

Cette approche présente diverses limites : modèle informatique qui approxime la réalité, données climatiques mesurées à la station météo France et non sur le site d'étude, LAI estimé et non mesuré...

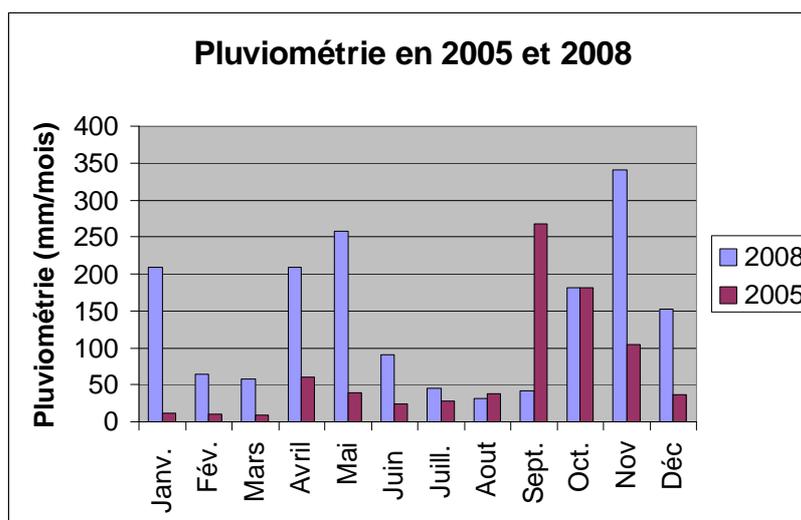
Il n'était pas envisageable d'avoir de résultats plus précis. Ainsi les chiffres présentés ici correspondent à une **approximation de la réalité**.

## Résultats

### 1 : Eau drainée en fonction des conditions météorologiques annuelles

Nous avons comparé, pour l'ensemble des peuplements forestiers actuellement présents sur le bassin versant des Molières, l'eau drainée en 2005 (année sèche de cette dernière décennie) et 2008 (année plus humide de cette dernière décennie). La pluviométrie annuelle est deux fois plus élevée en 2008. La pluviométrie estivale est toutefois semblable pour les deux années.

	2005	2008
Pluviométrie annuelle	810 mm	1680 mm
Pluviométrie estivale (Juillet-Aout)	65 mm	77 mm
Pluviométrie durant la saison de végétation (29 Mai au 5 Octobre)	360 mm	231 mm



Le drainage annuel est deux fois plus important en 2008 qu'en 2005, le drainage estival est similaire pour les deux années.

Estimation du drainage sur l'ensemble du bassin des Molières	2005	2008
Drainage annuel total	894 860 m <sup>3</sup> / an	1 836 925 m <sup>3</sup> /an
Drainage en m <sup>3</sup> /j et L/s (moyenne annuelle)	2452 m <sup>3</sup> /j 25 L/s	5019 m <sup>3</sup> /j 58 L/s
Drainage estival (m <sup>3</sup> )	22 147 m <sup>3</sup>	22 028 m <sup>3</sup> /j
Drainage estival en m <sup>3</sup> /j et L/s	357 m <sup>3</sup> /j 4 L/s	355 m <sup>3</sup> /j 4 L/s

D'après une étude hydrogéologique menée sur le captage des Molières, le débit d'étiage est supérieur à 10L/s (plus de 800 m<sup>3</sup>/j). Comme les besoins de pointe avoisinent les 40 m<sup>3</sup>/j, ce débit couvre largement les besoins.

Les chiffres que nous avons obtenus à l'aide de Biljou se rapprochent de l'ordre de grandeur de ceux issus d'une étude faite par un spécialiste hydrogéologue. Les différences s'expliquent par les limites du modèle ainsi que par les différences de conditions climatiques entre les années.

## 2 : Eau drainée en fonction du type de peuplement

Sur le bassin, 7 types de peuplement se rencontrent :

Type peuplement	Diamètre moyen cm	Densité moyenne (tiges/ha)	Surface terrière m <sup>2</sup> /ha	LAI estimé
Type 1 : futaie d'épicéa (35 ans)	21	1450	50	6.6
Type 2 : futaie de pin noir d'Autriche (35 ans)	13	4450	60	13.8
Type 3 : futaie de douglas (45 ans)	32	1400	115	15
Type 4 : futaie de résineux mélangés (pins, épicéa) (35 à 45 ans)	37	650	70	13.7
Type 5 : mélange sapin pectiné et taillis de hêtre	16	1700	35	13.1
Type 6 : mélange taillis de hêtre et futaie d'épicéas (45 ans)	14	3950	60	8.8
Type 7 : taillis de hêtre abritant quelques sapins	5	16550	30	6.6

Remarques :

- Pour le taillis de hêtre, chaque brin de taillis a été comptabilisé comme une tige, ce qui explique la densité très forte.
- Ces boisement n'ont en général pas fait l'objet d'éclaircies. D'où de très fortes surfaces terrières.
- Ces peuplements sont sur des types de sols pouvant varier en termes de profondeur, de texture, etc.

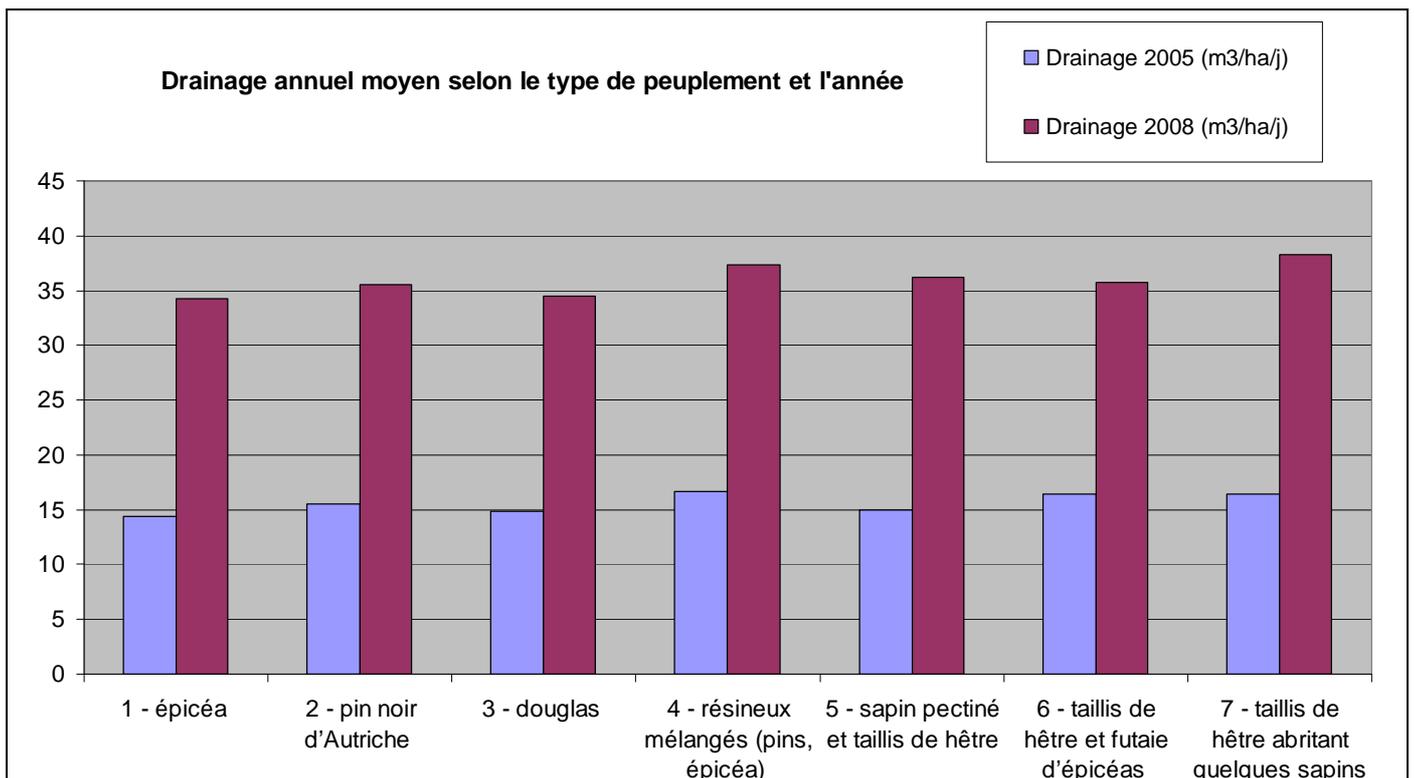
Nous avons estimé, pour chacun de ces types de peuplement, le drainage moyen annuel ainsi que le drainage moyen estival. Le drainage correspond à la quantité d'eau sortant du peuplement forestier (et qui se retrouvera ainsi au captage).



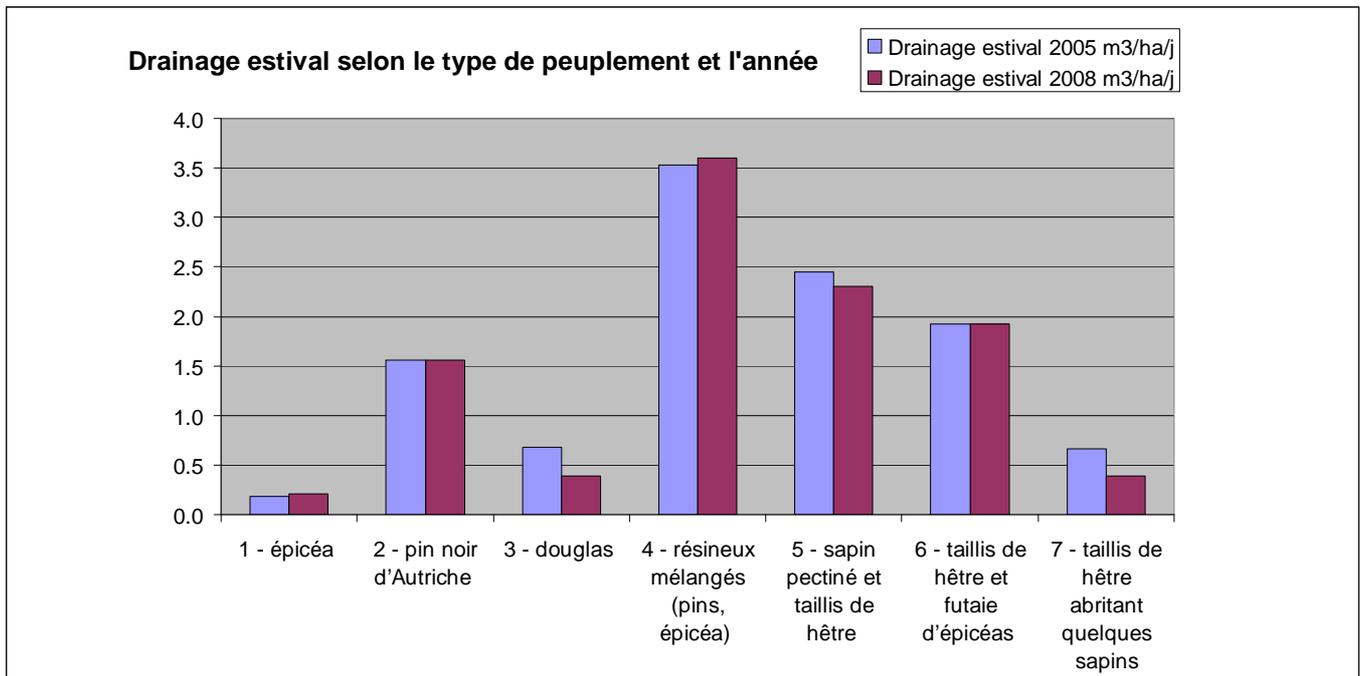
Mélange sapin pectiné et taillis de hêtre (type 5)



Futaie d'écépées non éclaircie (type 1)



Le drainage est nettement plus élevé pour une année pluvieuse que pour une année sèche (au moins deux fois plus). Une différence de drainage apparaît en fonction du type de peuplement, de l'ordre de 2 à 4 m3/ha/j.



En fonction du type de peuplement, le drainage estival varie de 0.25 m3/ha/j à 3.5 m3/ha/j. La pluviométrie estivale ayant des valeurs proches en 2005 et 2008, on n'observe pas de différence notable du drainage estival en fonction de l'année.

⇒ **La pluviométrie est le principal facteur jouant sur la quantité d'eau** annuellement drainée. Le type de peuplement forestier et le type de sol ont une influence mais dans une proportion bien moindre.

⇒ **Selon le type de peuplement et le type de sol**, on peut avoir :

- **un gain de 10%** sur la quantité d'eau drainée annuellement (de l'ordre de quelques m3/ha/j) ;
- un drainage estival 10 fois plus élevé (soit un gain de 2 à 3 m3/ha/j durant l'été)

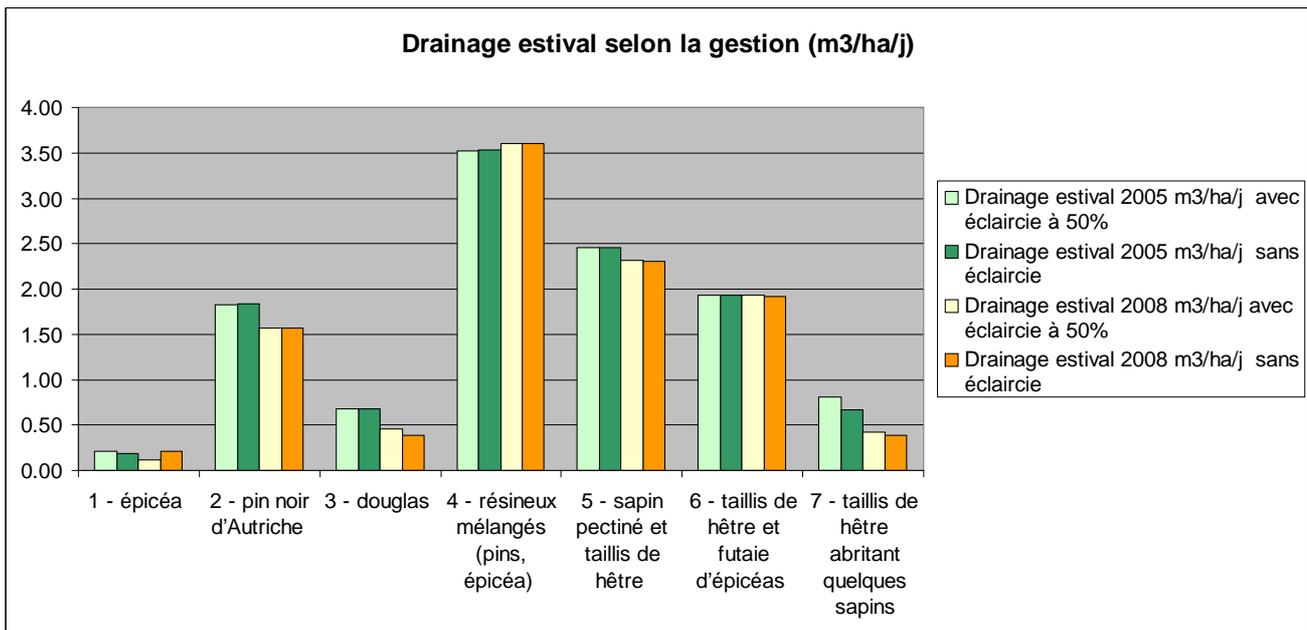
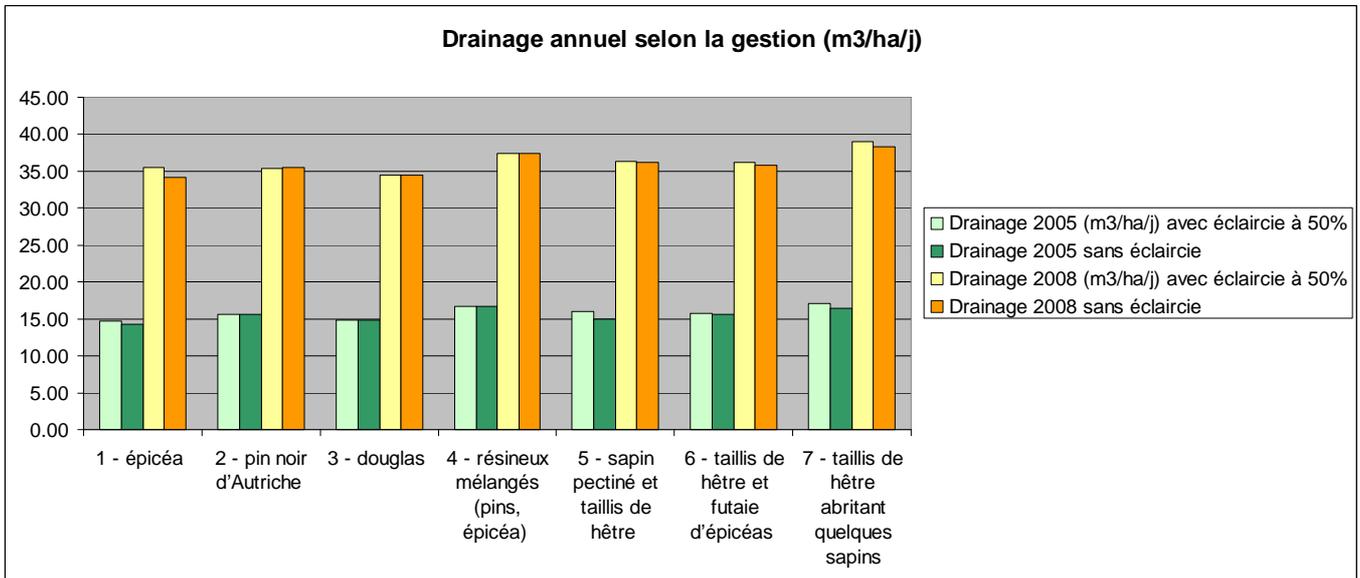
Les peuplements présentant un **mélange avec du hêtre ou du pin** semblent plus favorables. Ceci pourrait s'expliquer par une **moindre couverture foliaire** (feuillage plus clair pour le pin et présence des feuilles pour le hêtre uniquement durant la saison de végétation).

Mais cependant, nous avons comparé à la fois des types de peuplements différents sur des sols différents (ce qui correspond à la réalité du terrain): nous n'avons pas découplé les deux effets, ainsi il est **difficile de conclure sur l'effet uniquement du type de peuplement**.

### 3 – Eau drainée en fonction de la gestion forestière pratiquée

Dans cette étape, nous avons imaginé que les peuplements en place faisaient l'objet d'une éclaircie prélevant 50% des tiges. Nous avons comparé les deux situations :

- situation actuelle sans éclaircie ;
- situation imaginée avec éclaircie à 50%.



On n'observe **pas de nette tendance en fonction du type de gestion**. Pour les types de peuplements 1 et 7, l'éclaircie pourrait légèrement améliorer la quantité d'eau drainée (+ 1m3/ha/j pour le drainage annuel et +0.1 m3/ha /j pour le drainage estival, soit de l'ordre de quelques pourcents en plus par rapport aux peuplements non éclaircis). Ces peuplements sont ceux qui présentent le plus faible LAI (valeur comprise entre 2 et 4). Pour les autres peuplements, on note aucun effet de la gestion, ce qui peut s'expliquer par un **trou fort LAI même après éclaircie** : avec ou sans éclaircie l'interception foliaire est très forte dans les deux cas.

Nous rappelons ici une limite (voir annexe) : la surestimation probable du LAI dans notre méthode de calcul. Avec une mesure fine du LAI, nous aurions peut être eu des résultats plus probants en termes d'influence de la gestion (vu que ce sont les peuplements à plus faibles LAI qui sont le plus révélateurs).

=> Ainsi, dans le cas présent avec des peuplements à **densité et surface terrière très élevées** (ainsi qu'à LAI très élevé), il faudrait **réaliser une éclaircie très forte** (plus de 50% de prélèvement) pour avoir un effet sur la quantité d'eau.

Même si le manque de pluviométrie est le principal facteur pouvant expliquer les quantités d'eau, le retard en termes de gestion forestière a aussi une influence.

Le retard de gestion forestière observé sur le bassin versant de Pourcharesses s'explique probablement par des coûts d'exploitation élevés causés par un manque de desserte (trop longue distance de débardage).



Futaie de douglas non éclaircie (type 3)

## 4 – Conclusions et pistes d'actions

La quantité d'eau arrivant au captage est déterminée **en grande partie par la pluviométrie, puis dans une moindre mesure par le type de sol, le type de peuplement et la gestion pratiquée dans ce type de peuplement.**

Jouer sur la gestion forestière aura une faible influence sur la quantité d'eau drainée. Toutefois, il s'agit de l'unique paramètre sur lequel l'Homme peut jouer.

**En jouant sur la couverture foliaire des peuplements, le gestionnaire forestier peut impacter favorablement la quantité d'eau.** Il a pour cela deux pistes d'action :

- favoriser les **essences aux feuillages plus clairs et aux feuillages décidus** ;
- mener une sylviculture favorisant les **faibles densités**.

Dans le cas présent, l'option la plus envisageable est celle d'une diminution des densités via des éclaircies. Pour avoir une incidence favorable sur la quantité d'eau, il faudrait réaliser de **très fortes éclaircies**, et ce d'autant plus que le peuplement est dense et à forte surface terrière (soit à fort LAI).

### *Propositions suite à cette étude :*

Suite à cette étude réalisée sur le bassin versant de Pourcharesses, les pistes d'action suivantes peuvent être proposées :

- Reproduire la démarche sur d'autres bassins : estimer la quantité d'eau en fonction de la situation présente et envisager le mode de gestion forestière le plus favorable
- Faire une synthèse de ces estimations sur plusieurs bassins versants : ceci permettra de définir pour la CFT de Villefort des modes de gestion permettant d'améliorer la quantité d'eau
- Evaluer la faisabilité de mise en œuvre de cette gestion (freins, leviers, coûts...).
- Envisager des moyens de lever les freins à cette mise en œuvre.
- Encourager cette gestion favorisant les faibles surfaces foliaires : vulgarisation, communication, moyens incitatifs compensant les éventuels surcoûts, installation d'un martéloscope servant à sensibiliser...

Par exemple, nous identifions à ce stade deux freins à la mise en œuvre d'une gestion forestière préservant l'eau :

- le morcellement de la propriété, ce qui peut empêcher de raisonner la gestion à l'échelle du bassin => nécessité d'associer divers propriétaires d'un bassin versant ;
- un retard en termes de gestion forestière entraînant des peuplements à trop forts LAI (retard pouvant être causé par un prix du bois trop faible et des coûts d'exploitation trop élevés) => recherche de leviers pour dynamiser cette gestion.

## Annexe : Emploi de l'outil Biljou

La simulation a été réalisée en ligne par le modèle Biljou© (<https://appgeodb.nancy.inra.fr/biljou/>).

Référence bibliographique : GRANIER A., BRÉDA N., BIRON P., VIVILLE S. (1999) A lumped water balance model to evaluate duration and intensity of drought constraints in forest stands. *Ecological Modelling*, 116, 269-283

Cet outil permet de modéliser le bilan hydrique forestier grâce à une introduction dans le modèle de données relatives aux climats et aux caractéristiques des peuplements.

Parmi ces dernières, il est demandé d'estimer le LAI (leaf area index, soit surface foliaire). Pour cela, nous avons choisi d'employer la seule méthode à être abordable face à des contraintes temporelles et financières : l'estimation du LAI grâce à des relations allométriques (relations liant le LAI au diamètre à 1m30, nommé DBH).

Les relations allométriques changent en fonction de l'essence, de la station, etc. Dans cette étude, les relations utilisées sont :

Essence forestière	Relation allométrique utilisée
Epicea	$LAI = \text{Exp}(-1,4422+1,6932*\ln(\text{DBH}))$
Hêtre, alizé blanc, bouleau, chêne pubescent	$LAI = \text{Exp}(-2,4987+2,0977*\ln(\text{DBH}))$
Sapin	$LAI = 6,3*0,23*\text{DBH}^{1,5}$
Douglas	$LAI = 17,7*\text{exp}(-2,846+1,701*\ln(\text{DBH}))$ → pas adapté dans notre cas, entraîne une surestimation du LAI
Pin noir d'Autriche	$LAI = 0,2988*\text{DBH}^2 - 7,5336*\text{DBH} + 74,075$

Ces relations sont tirées de plusieurs publications scientifiques :

- Gspatl (M.) - An approach to generalized non-destructive leaf area allometry for Norway spruce and European beech – 2011 - Austrian Journal of Forest Science – 128, p219-250
- Ilja Marco Reiter - Space-related resource investments and gains of adult beech (*Fagus sylvatica*) and spruce (*Picea abies*) as a quantification of aboveground competitiveness,;
- Jonckheere I. - Allometry and evaluation of in situ optical LAI determination in Scots pine: a case study in Belgium,., – 2005- Tree physiology, 25 – p.723-732
- Turner (D.)- Assessing alternative allometric algorithms for estimating leaf area of Douglas-fir trees and stands– 2000 - Forest Ecology and Management, 126 – p. 61-76 ;
- Wehrli (A.) - Improving the establishment submodel of a forest patch model to assess the long-term protective effect of mountain forests – 2006 – Eur J Forest Res.

Cette méthode d'estimation a de nombreuses limites : en effet les relations utilisées ne sont pas calibrées pour correspondre au site d'étude et/ou ont été établies pour une gamme de DBH qui ne correspond pas forcément aux diamètres observés. Ainsi, il s'agit de rester prudent quant à l'interprétation des chiffres fournis, et s'intéresser plutôt aux différences entre bilans hydriques qu'à leurs valeurs absolues.

De plus, le modèle BILJOU n'est adapté qu'à des peuplements monospécifiques : en première approximation, les peuplements mixtes (mélange de résineux et feuillus) sont assimilés à des peuplements sempervirents, ce qui minimise le drainage.

Nous observons des LAI très forts dans notre étude (de 5 à 15). Il peut y avoir une surestimation due à l'emploi des relations allométriques. Toutefois, les peuplements observés sur le terrain présentent de très forte densités et surfaces terrières, ce qui explique également ces fortes valeurs de LAI.