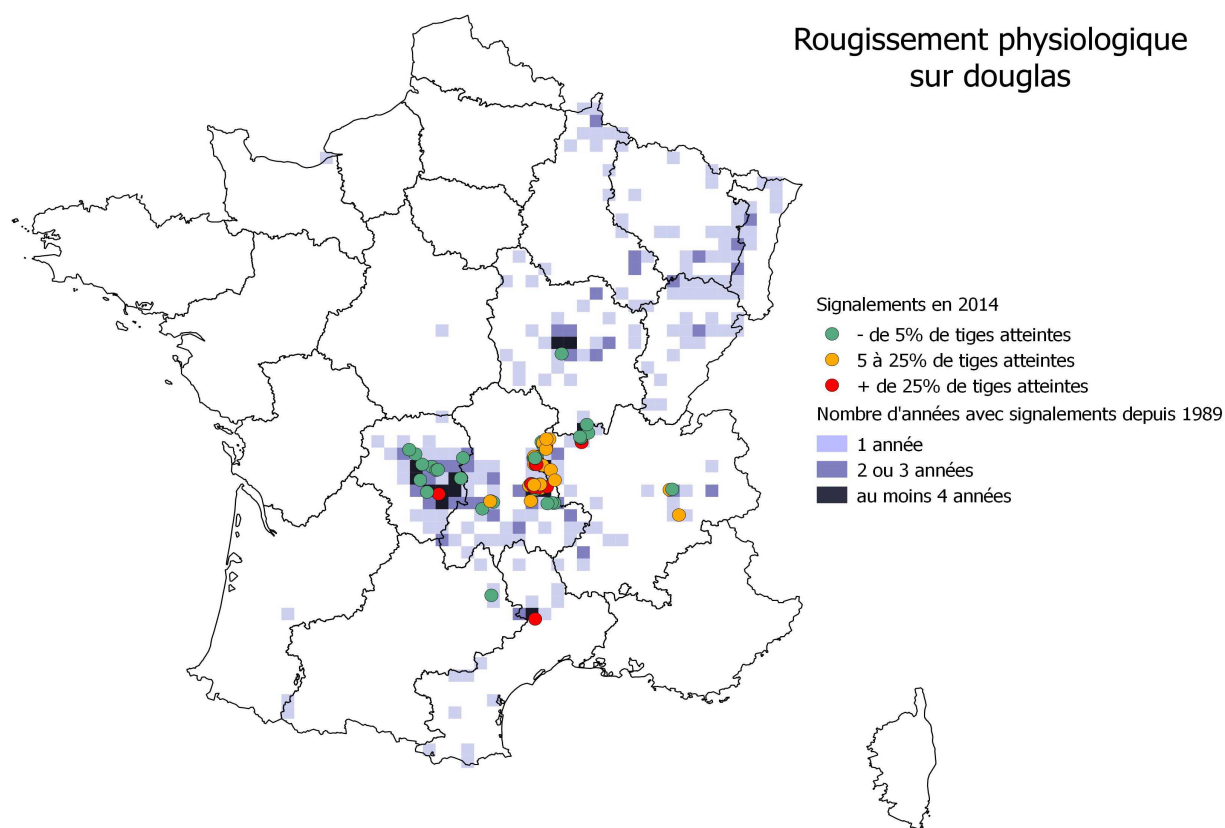


## Enquête sur le rougissement physiologique du douglas dans le Massif central

Olivier Baubet (pôle interrégional santé des forêts Massif central/Bourgogne), Morgane Goudet (DSF Paris)

Au cours du printemps 2014, sur le Massif central, différentes jeunes plantations de douglas ont présenté d'importants rougissements de plants. Ce type de phénomène est régulièrement noté à la suite d'une période anticyclonique de sortie d'hiver. Les peuplements situés dans les zones de moyenne montagne sont les plus sensibles.

Le phénomène observé au printemps 2014 a été d'une intensité forte sur les départements du Puy-de-Dôme, de l'Allier et de la Loire. Dans certaines parcelles, 60 % des arbres du peuplement étaient atteints. Cette situation a suscité chez les gestionnaires une certaine inquiétude et de nombreuses questions. Pour évaluer la réalité de la fréquence du phénomène mais aussi pour en cerner les facteurs qui sont en liaison avec ce dommage, une enquête a été lancée en 2014.



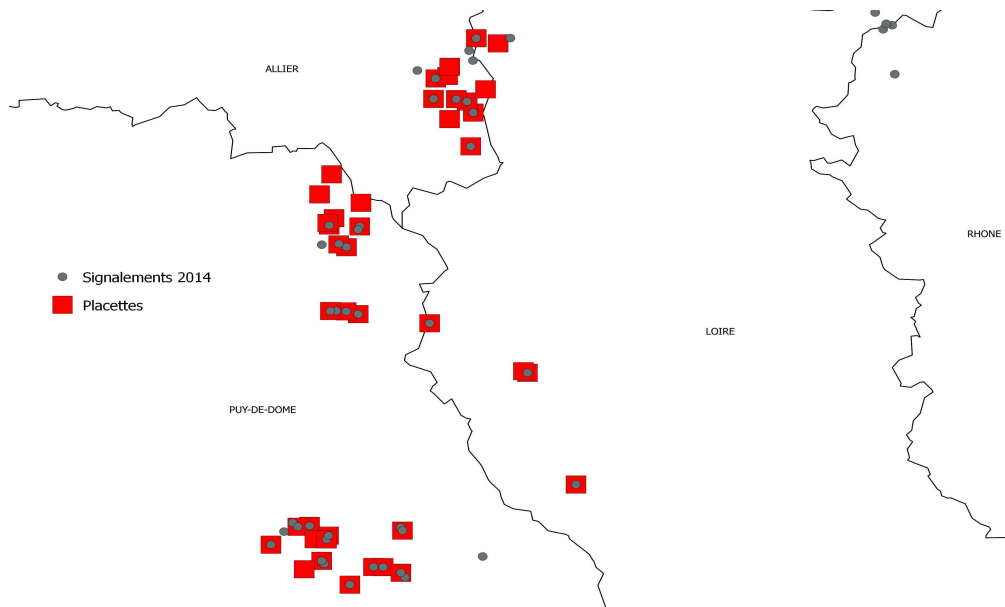
La mise en œuvre de l'enquête de terrain a été confiée à un prestataire extérieur.

L'enquête a été réalisée en 2 phases :

- **Phase 1** : évaluation et quantification du phénomène sur 41 parcelles forestières,
- **Phase 2** : analyse sur 5 parcelles de la physiologie du douglas.

## Phase 1

41 placettes ont été choisies dans des peuplements très touchés par le phénomène de rougissement, signalés par les correspondants-observateurs en 2014. Sur chaque parcelle, une centaine d'arbres ont été inventoriés (soit 4 100 arbres au total) selon un parcours standardisé et la station a été décrite.



### □ Symptômes observés

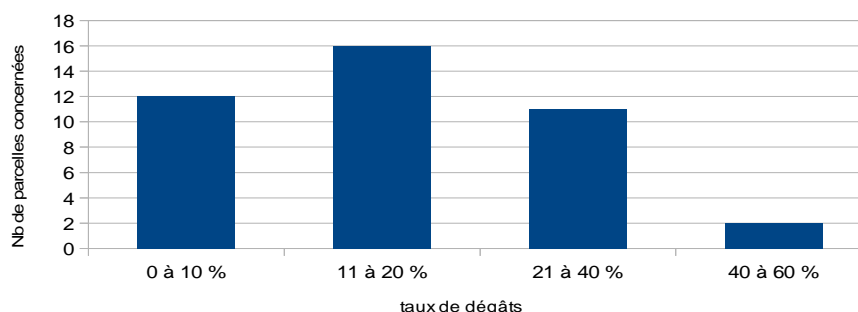
Description des parcelles étudiées	Moyenne	Max
0 – Vivant sans problème	66,7	88,0
1 – Mortalité de cime sans remise en cause de l'avenir	0,5	3,0
2 – Arbre rouge mais base vivante	12,2	34,0
3 – Arbre rouge totalement	5,9	21,0
4 - Arbre vivant penché ou couché	4,7	22,0
5 Arbre penché et rouge	2,0	10,0
6 – Frottis vivant	0,6	5,0
7 – Frottis rouge	0,2	2,0
9 – Autres	1,3	11,0
10 – Vivant avec perte foliaire de type "rouille Suisse"	5,9	20,0
Total	100,0	
8 – Mort ancien	0,4	2,0

Représentativité moyenne et maximale de chaque symptôme sur les parcelles visitées.

Le taux moyen d'arbres indemnes de tous symptômes est de 67 %. Concernant le phénomène de rougissement, le symptôme le plus représenté est un arbre rouge avec la base vivante (12 %), ces arbres étant sans avenir. L'autre symptôme concerne des arbres totalement rouges (6 %). Parmi ces arbres, l'impact des neiges lourdes de novembre 2013 est non négligeable : 5,7 % des arbres sont penchés ou couchés. Pour l'ensemble de ces catégories, la proportion d'arbres sans avenir est de 25 %. Le phénomène de rougissement représente en moyenne 18 % des arbres.

Taux d'arbres rougissants dans les parcelles

répartition des dommages



L'intensité du phénomène de rougissement a été comparé aux facteurs stationnels, sylvicoles, et biotiques.

❑ **Facteur stationnels**

Les **facteurs stationnels** semblent avoir un impact limité sur l'intensité du phénomène. Toutefois, les dommages sont **plus importants sur les versants à dominante Nord et Est** (Fig 1). Les dommages sont notés **principalement entre 650 mètres et 1100 mètres** (Fig 2).

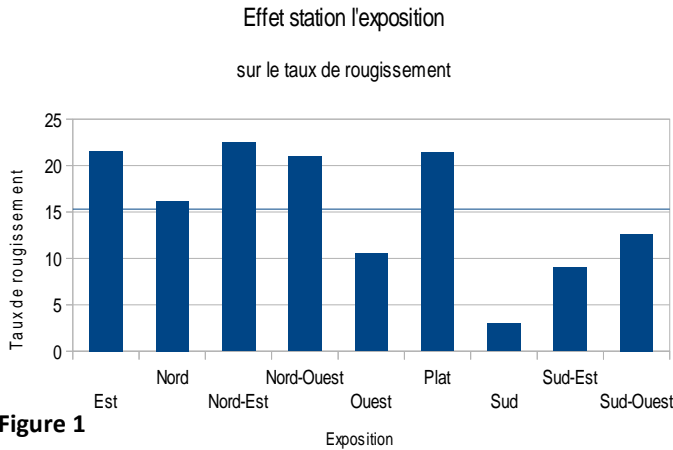


Figure 1

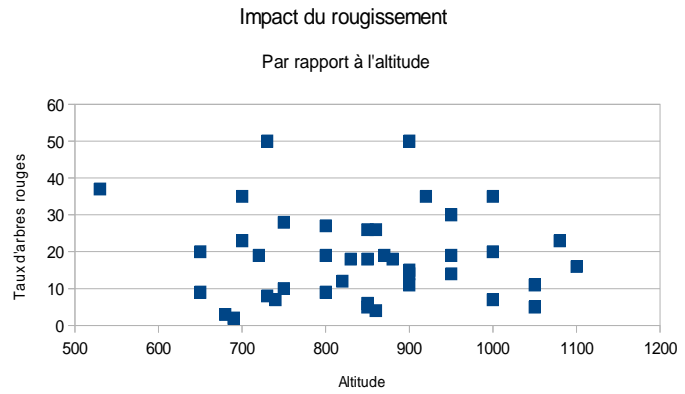


Figure 2

❑ **Facteurs sylvicoles**

Les classes les plus concernées par les dommages sont les plantations âgées de 5 à 8 ans (Fig 3), correspondant à des hauteurs moyennes de 3 à 6 mètres.

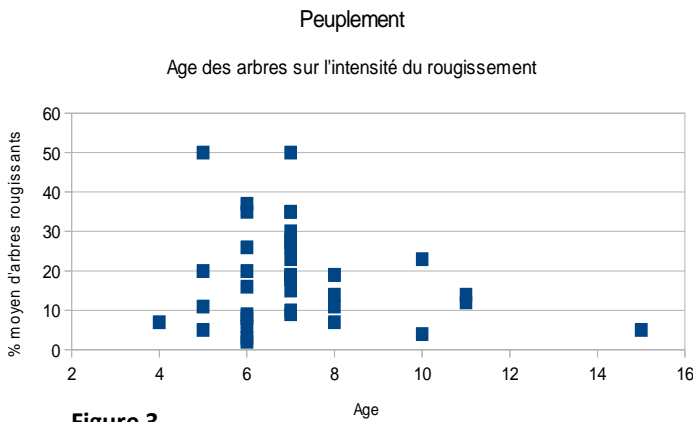


Figure 3

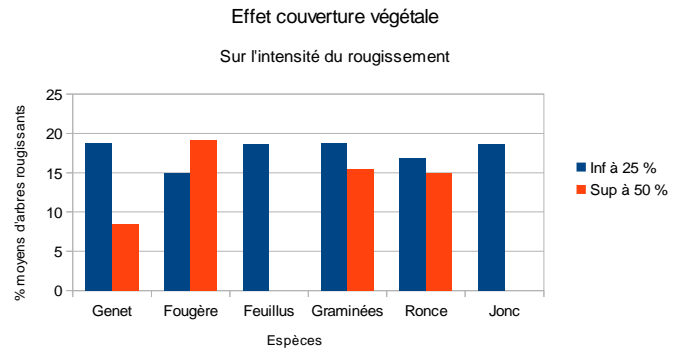


Figure 4

Concernant la constitution et la gestion de la **végétation d'accompagnement**, quelques aspects paraissent importants. La présence du genêt est plutôt considérée comme un facteur limitant le phénomène, à l'opposé de la présence de fougère qui le favorise. Ce phénomène peut s'expliquer : dans les parcelles à dominante de fougère, en période hivernale, la végétation d'accompagnement n'assure aucun abri latéral, alors que cet abri est très présent en saison de végétation. Il est difficile de conclure sur les autres couvertures végétales (Fig 4).

La hauteur de la **végétation d'accompagnement** ne constitue pas un facteur discriminant. Par contre, les effets des **travaux de dégagements** récents montrent que les parcelles dégagées récemment présentent le taux dommage le plus élevé (Fig 5).

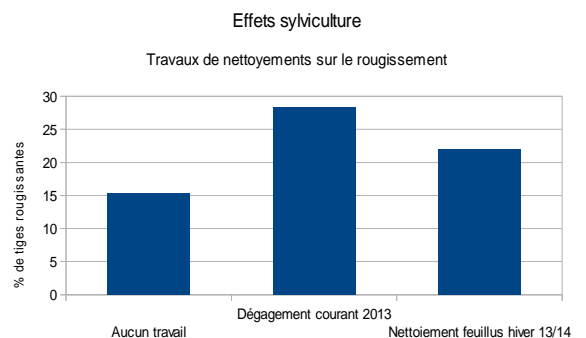


Figure 5

## ❑ Facteurs biotiques

Sur chaque placette, 7 arbres ont été arrachés afin d'observer le système racinaire, soit 287 arbres arrachés au total.



Sur ces arbres, une section prélevée au niveau du collet a fait l'objet d'une recherche de fomes avec identification spécifique par un laboratoire. **Sur les 287 arbres échantillonnés, le fomes est identifié sur 27 arbres**, ceci représente moins de 10 % des tiges. Il est à noter que cette identification concerne 24 parcelles différentes sur les 41 échantillonnées soit **58 % des parcelles où le fomes est présent**. Parmi les arbres sur lesquels des sporophores de fomes ont été observés, le labo n'a pas systématiquement identifié le fomes. Les chiffres mentionnés correspondent donc à un minimum.

L'**identification spécifique** a été disponible pour 75 % des cas de fomes. ***Heterobasidion abietinum* est identifié dans 85 % des échantillons.**

L'impact du fomes sur le rougissement n'a pas pu être déterminé.

## ❑ Observations du système racinaire

Les systèmes racinaires des arbres arrachés ont été par la suite caractérisés selon les 2 échelles :

- **La conformation** : normale, croisé en L, chignon agglomérat, crosse et chignon agglomérat, autre (= indice qualitatif).
- **La répartition** : normale avec racines pivotantes, bloqué partiellement par un défaut, quasi absence de racine dans un axe de 120° (= indice quantitatif).



Photographies sur plaque blanche des systèmes racinaires, vue de dessus et vue de profil.



- **Conformation : 25 % des arbres semblent avoir un système racinaire normal**, environ 40 % des arbres présentent une crosse avec parfois un chignon racinaire. Les 35 % restant correspondent à des systèmes racinaires en chignons, qui présentent un enroulement des racines (Fig 6). Les défauts de conformation des systèmes racinaires sont donc importants dans les plantations visitées.

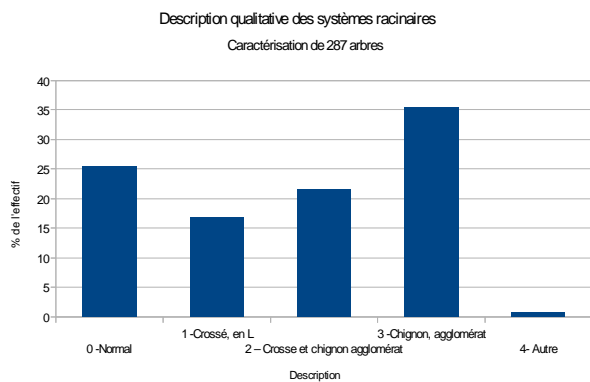


Figure 6

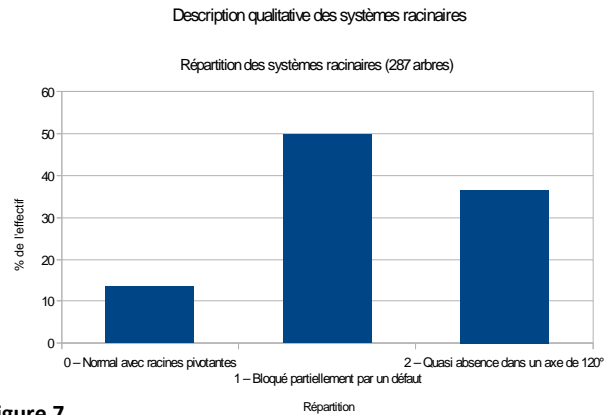


Figure 7

- **Répartition** : A partir de photographies numériques des systèmes racinaires, l'**occupation horizontale (Oc Hor)** et l'**occupation verticale (Oc Vert)** du système racinaire ont été évaluées selon une échelle de 0 à 100.

La répartition verticale montre que seulement 13 % des arbres présentent un développement racinaire normal, 50 % présentent un blocage partiel du système racinaire et les 37 % restant indiquent la quasi absence de racine dans un axe de 120° sous le plant (Fig 7).

L'**occupation de l'espace par le système racinaire** est mesuré par un indice d'occupation =  $(Oc\ Hor + Oc\ Vert) / 2$ . A ce stade de développement, les arbres ont une logique de colonisation de l'espace aérien. La colonisation du sol est très liée à la disponibilité en eau et éléments minéraux. Les arbres peuvent avoir une croissance correcte malgré un système racinaire déséquilibré (Fig 8). Cela peut poser des problèmes lors des périodes critiques.

La confrontation des critères de conformation ou de répartition des systèmes racinaires par rapport au taux de rougissement sur une parcelle est une donnée difficile à corréler. Il n'a pas été visualisé de corrélation forte avec le rougissement. La confrontation des 2 indices (Fig 9) montre qu'une corrélation existe (des systèmes racinaires mal conformés ont une occupation de l'espace faible) mais les variabilités sont fortes.

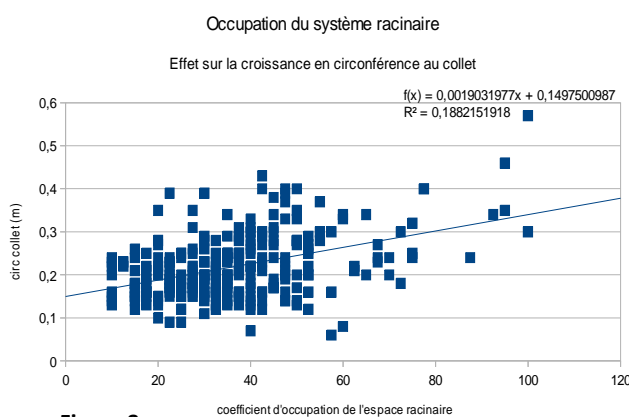


Figure 8

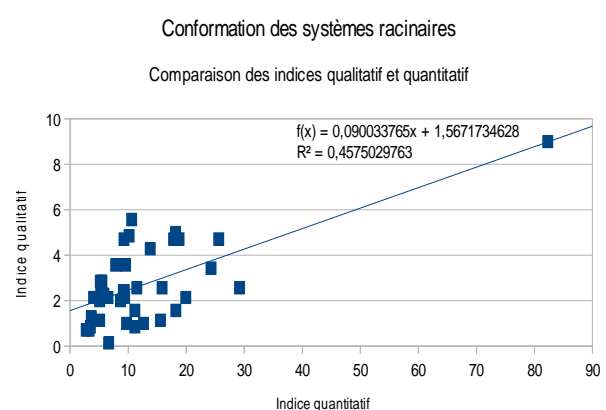


Figure 9

## Phase 2

La phase 2 de l'enquête s'est intéressée à des **arbres vivants**, non affectés par le rougissement mais se situant dans des parcelles concernées par le phénomène. La physiologie des douglas a été analysée par une évaluation quantitative des systèmes racinaires et des parties aériennes. Les systèmes racinaires ont été caractérisés et pesés, comme les parties aériennes.

### □ Données sur la masse des arbres



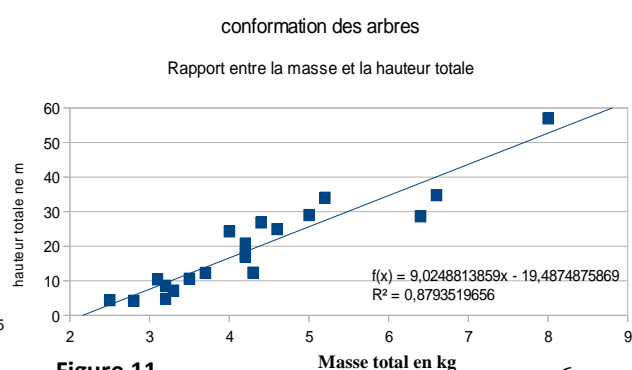
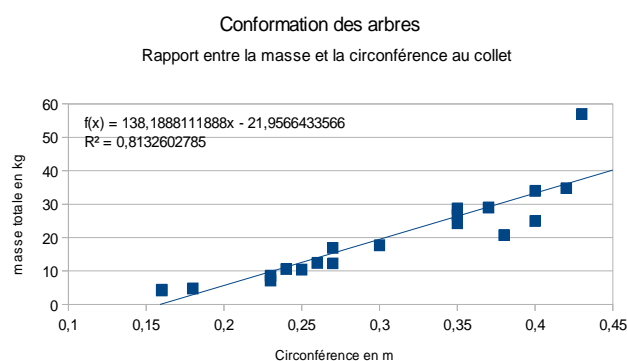
**Pesées des systèmes racinaires et des parties aériennes des arbres vivants arrachés**

La masse des arbres est relativement hétérogène au sein d'une même parcelle. Le tableau ci-après illustre cette hétérogénéité, tant entre les parcelles qu'au sein d'une même plantation. Un arbre de 7 ans pèse entre 5 et 60 kg. Dans la même parcelle, il existe une variation qui peut atteindre 50 % par rapport à la masse moyenne.

Comparaison des masses d'arbres					Caractéristiques peuplements	
Parcelles	Masse moyenne		Masse mini	Masse maxi	Age des arbres	Taux d'arbres rouges
Etat des arbres	en kg	prop parties aérienne	en Kg	Kg		
S1	12	76	4,2	26,9	6	35
S2	20	80	7,2	29,7	10	23
S4	35	76	20	57	7	50
S5	10	82	4,8	16,9	7	19

### □ Données sur la physiologie du douglas

**La proportion des parties aériennes représente en moyenne 79 % de la masse de l'arbre.** La variabilité est faible entre les arbres. La masse totale ainsi que les hauteurs et les circonférences aux collets, sont des données qui sont parfaitement corrélées entre elles (Fig 10 et 11).



## □ Conformation des systèmes racinaires

La conformation et la répartition des systèmes racinaires ont été évalués pour ces arbres. Une relation semble se dégager entre la conformation racinaire et la croissance des arbres (Fig 12 et 13). La croissance en hauteur et en circonférence au collet sont faibles lorsque l'indice d'occupation de l'espace par les racines est faible.

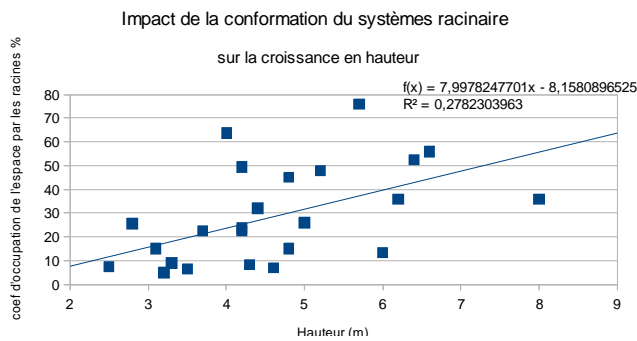


Figure 12

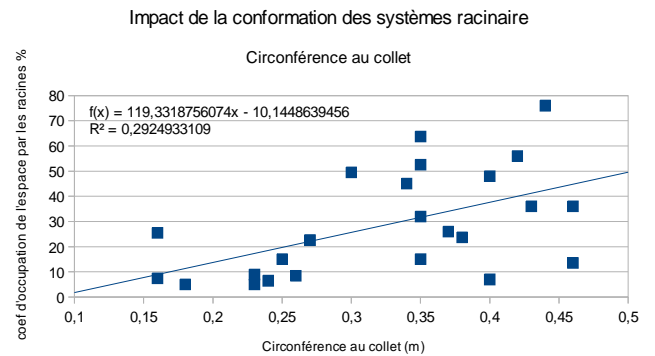


Figure 13

Il existe également une relation entre la proportion occupée par la masse aérienne par rapport à la masse de l'arbre et l'occupation de l'espace par les racines (Fig 14). **Une mauvaise occupation de l'espace par les racines conduit à un déséquilibre plus marqué entre système racinaire et parties aériennes.** Cet aspect est sans aucun doute important dans le problème qui nous préoccupe.

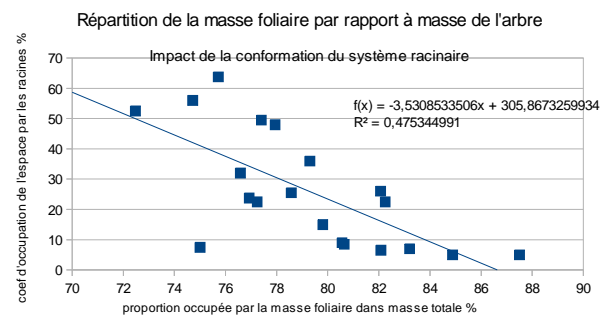


Figure 14

Les différences de conformations des systèmes racinaires entre les arbres ayant rougi et les arbres voisins non atteints par le phénomène au niveau de chaque parcelle ont été comparées :

Parcelles	Indices occupation de l'espace racinaire		Taux d'arbres rouges	Présence de fomes dans la parcelle
	Vivants	Rouges		
S1	57	28	35	Oui
S2	51,5	47	23	Oui
S3	62	55	35	Oui
S4	68	48	50	Oui
S5	57	38,5	19	Non

Description des systèmes racinaires : données moyennes par parcelle et type d'arbres (rougissants ou indemnes, vivants).

Le tableau confirme un **meilleur état des systèmes racinaires pour les arbres vivants sans symptômes que pour des arbres affectés par le phénomène de rougissement.**

## □ Aspects pathologiques

Le fomes a également été détecté sur les arbres vivants. Le champignon est donc **présent tant sur les arbres rougissants que sur les arbres indemnes** de symptômes.

## Conclusion

Le phénomène de rougissement physiologique du douglas est fréquemment identifié sur la zone du grand Massif central. Il est induit par un événement climatique particulier qui correspond toujours à une période de sécheresse de fin d'hiver, entre mi-février et mi-mars. Le phénomène climatique est marqué par des températures élevées accompagnées d'un rayonnement fort, avec des amplitudes thermiques journalières importantes. Cette période climatique particulière serait à l'origine d'un fonctionnement physiologique inadapté du Douglas.



Rougissement physiologique sur une parcelle de douglas en avril 2014

**Les peuplements situés sur les versants nord exposés au vent sont plus fortement touchés.** Ces situations sont généralement considérées comme les meilleures stations pour le douglas. La majorité des dommages concerne des parcelles situées entre 650 et 1100 m d'altitude.

**La fragilité des plantations âgées de 5 à 8 ans est confirmée.** La végétation d'accompagnement et sa gestion jouent un rôle important dans le phénomène.

Le diagnostic **fomes** est difficile. Ce pathogène est considéré comme très présent sur les arbres symptomatiques, **sa présence est confirmée sur la moitié des parcelles.** A noter que le fomes est aussi bien présent sur des arbres symptomatiques que sur des arbres sains. **L'impact sur le taux de rougissement reste difficile à établir.**

**Les défauts de conformations des systèmes racinaires sont importants** dans les plantations visitées. On considère que seulement un quart des plants affectés présentent une conformation normale.

Au vu de l'échantillonnage, constitué uniquement d'arbres affectés par le phénomène de rougissement, il est impossible de conclure quant à la liaison entre les conformations racinaires et le taux de dégât dans les parcelles.

Il existe une **corrélation entre la masse totale de l'arbre et la conformation du système racinaire.** Les défauts de conformations des systèmes racinaire amplifient les déséquilibres entre les parties aériennes et les systèmes racinaires.

La comparaison d'arbres sains et rougissants au sein de mêmes parcelles montre **un meilleur état des systèmes racinaires pour les arbres vivants sans symptômes.** Sur toutes les parcelles testées, les arbres rougissants ont un système racinaire plus mal conformé que les arbres indemnes de symptômes.