



Suivi de l'état de santé de la flore des réserves forestières provinciales à proximité de l'usine de Vale Nouvelle-Calédonie

Bilan 2010



Vale Nouvelle-Calédonie
Février 2012

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
1. LES PARCELLES PERMANENTES	3
1.1 Protocole de suivi	3
1.2 Objectifs et indicateurs	3
1.3 Localisation des parcelles permanentes	3
2. MÉTHODE DE SUIVI	5
2.1 Mesures de la santé des plantes.....	5
2.2 Mesures chimiques du sol, de la litière et des feuilles des espèces communes	5
2.3 Traitement des données.....	6
2.4 Fréquence d'échantillonnage et données disponibles	7
3. RÉSULTATS	9
3.1 Santé des parcelles en Forêt-Nord et au Pic du Grand Kaori.....	9
3.2 Caractéristiques chimiques des sols, des litières et des espèces communes des stations	13
3.3 Analyse de variance (ANOVA) de la teneur en Azote (N -%) et Souffre (S -%) dans le sol, la litière et les espèces communes.....	19
4. ANALYSE DES RESULTATS	45
4.1 Bilan générale des campagnes de suivies des parcelles permanentes	45
4.2 État de santé des systèmes de photosynthèse.....	45
4.3 Evolution de la condition chimique des sols, des litières et des végétaux communs	46
4.3.1 Evolution de la condition chimique des sols.....	46
4.3.2 Evolution de la condition chimique des litières.....	47
4.3.3 Evolution de la condition chimique des arbres	48
5. CONCLUSION.....	51
5.1 Etat de santé des parcelles	51
5.2 Revue des protocoles et des fréquences d'échantillonnage.....	52
6. RÉFÉRENCES	55

TABLEAUX

Tableau 1 : Localisation et description des parcelles en Forêt-Nord (FN), au Pic du Grand Kaori (PGK) et au Pic du Pin (PP).....	4
Tableau 2 : Planning des suivies, échantillonnage et analyses effectuées en 2010 et 2011.	8
Tableau 3 : Données disponibles pour le suivi des parcelles en 2006, 2007, 2008, 2009 et 2010.....	8
Tableau 4 : Fluorimétrie par espèce - Forêt-Nord.....	12
Tableau 5 : Caractéristiques chimiques des échantillons de litière et de sol - Forêt-Nord (2007-2010)	13
Tableau 6 : Caractéristiques chimiques des échantillons de litière et de sol - Pic du Grand Kaori (2007-2010).....	14
Tableau 7 : Caractéristiques chimiques des échantillons de litière et de sol - Pic du Pin (2009-2011)	15
Tableau 8 : Teneur foliaire des espèces communes - Forêt-Nord (2007-2010).....	16
Tableau 9 : Teneur foliaire des espèces communes - Pic du Grand Kaori (2007-2010).....	17
Tableau 10 : Teneur foliaire des espèces communes - Pic du Pin (2009)	18
Tableau 11 : Les nombres de mesures, de prélèvements et d'analyses chimiques fait pour la campagne de suivi concernant la période Octobre 2010 à Mai 2011.	45
Tableau 12 : Caractéristiques chimiques des sols des formations du Grand massif du Sud (Read <i>et al</i> , 2006) et valeurs moyennes des stations (2006-2009) et 2010.....	46
Tableau 13 : Caractéristiques chimiques des litières des formations du Grand massif du Sud (Read <i>et al</i> , 2006) et valeurs moyennes des stations (2007-2009) et 2010.....	47
Tableau 14 : Comparaison de la teneur foliaire (T0) des espèces communes d'arbres avec les valeurs moyennes des espèces forestières et para forestières décrites par Jaffré <i>et al</i> (1994 b)	49
Tableau 15 : Proposition de réduction du nombre de plantes analysées par fluorimétrie sur chaque placette à partir de 2012	53

FIGURES

Figure 1 :	Localisation des parcelles en Forêt-Nord, au Pic du Grand Kaori et au Pic du Pin	4
Figure 2 :	Plantes numérotées avec dispositif de clip pour les mesures de fluorimétrie	5
Figure 3 :	Mesure de fluorescence chlorophyllienne avec un fluorimètre portatif	5
Figure 4 :	Dispositif (truelle & sachet en papier) pour l'échantillonnage de sol (gauche) ; prélèvement des feuilles avec un échenilloir télescopique (centre) ; pesée de chaque échantillon de feuille (droite)	6
Figure 5 :	ANOVA (fluorimétrie) des strates 2006, 2007 et 2010 - Forêt-Nord	9
Figure 6 :	ANOVA (fluorimétrie) des strates de 2006, 2007 et 2010- Forêt-Nord	10
Figure 7 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des sols - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)	19
Figure 8 :	ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des sols - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)	19
Figure 9 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des sols - Pic du Grand Kaori	20
Figure 10 :	ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des sols - Pic du Grand Kaori	20
Figure 11 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des sols - Pic du Pin	21
Figure 12 :	ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des sols - Pic du Pin	21
Figure 13 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des litières - Forêt-Nord	22
Figure 14 :	ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des litières - Forêt-Nord	22
Figure 15 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des litières - Pic du Grand Kaori	23
Figure 16 :	ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des litières - Pic du Grand Kaori	23
Figure 17 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des litières - Pic du Pin selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)	24
Figure 18 :	ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des litières - Pic du Pin selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)	24
Figure 19 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de <i>Meryta coriacea</i> (Araliaceae) - Forêt-Nord	25
Figure 20 :	ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des feuilles de <i>Meryta coriacea</i> (Araliaceae) - Forêt-Nord	25
Figure 21 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de <i>Pandanus sp.</i> (Pandanaeae) - Forêt-Nord	26
Figure 22 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de <i>Pandanus sp.</i> (Pandanaeae) - Forêt-Nord	26
Figure 23 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de <i>Cleistanthus stipitatus</i> (Euphorbiaceae) - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)	27
Figure 24 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Souffre total (S-%) des feuilles de <i>Cupaniopsis macrocarpa var macrocarpa</i> (Sapindaceae) - Forêt-Nord selon l'année.	27
Figure 25 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Souffre total (S-%) des feuilles de <i>Elaeocarpus speciosus</i> (Elaeocarpaceae) - Forêt-Nord selon l'année.	28
Figure 26 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Souffre total (S-%) des feuilles de <i>Gardenia aubreyii</i> (Rubiaceae) - Forêt-Nord selon l'année	28
Figure 27 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Souffre total (S-%) des feuilles de <i>Pagiantha cerifera</i> (Apocynaceae)- Forêt-Nord selon l'année	29
Figure 28 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Souffre total (S-%) des feuilles de <i>Ficus neocaledonica</i> (Moraceae) - Forêt-Nord selon l'année.	29
Figure 29 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Souffre total (S-%) des feuilles de <i>Macaranga alchorneoides</i> (Euphorbiaceae - Forêt-Nord selon l'année	30
Figure 30 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Souffre total (S-%) des feuilles de <i>Xylopia veillardii</i> (Annonaceae) - Forêt-Nord selon l'année.	30

Figure 31 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de <i>Meryta coriacea</i> (Araliaceae) - Pic du Grand Kaori.....	31
Figure 32 :	ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des feuilles de <i>Meryta coriacea</i> (Araliaceae) - Pic du Grand Kaori.....	32
Figure 33 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de <i>Pandanus sp.</i> (Pandanaeae)- Pic du Grand Kaori.....	32
Figure 34 :	ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des feuilles de <i>Pandanus sp.</i> (Pandanaeae) - Pic du Grand Kaori.....	33
Figure 35 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de <i>Gardenia aubreyii</i> (Rubiaceae) - Pic du Grand Kaori.....	33
Figure 36 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de <i>Gardenia aubreyii</i> (Rubiaceae) - Pic du Grand Kaori.....	34
Figure 37 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de <i>Cleidion veillardii</i> (Euphorbiaceae)- Pic du Grand Kaori.....	34
Figure 38 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de <i>Cleidion veillardii</i> (Euphorbiaceae)- Pic du Grand Kaori.....	35
Figure 39 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de <i>Guettarda speciosa</i> (Rubiaceae) - Pic du Grand Kaori.....	35
Figure 40 :	ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des feuilles de <i>Guettarda speciosa</i> (Rubiaceae) - Pic du Grand Kaori.....	36
Figure 41 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Souffre total (S-%) des feuilles de <i>Cryptocarya sp.</i> (Lauraceae) - Pic du Grand Kaori selon l'année.	36
Figure 42 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Souffre total (S-%) des feuilles de <i>Codia jaffrei</i> (Cunoniaceae)- Pic du Grand Kaori selon l'année.....	37
Figure 43 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de <i>Meryta coriacea</i> (Araliaceae) - Pic du Pin	38
Figure 44 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de <i>Meryta coriacea</i> (Araliaceae) - Pic du Pin	38
Figure 45 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de <i>Pandanus sp.</i> (Pandanaeae) - Pic du Pin	39
Figure 46 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de <i>Pandanus sp.</i> (Pandanaeae) - Pic du Pin	39
Figure 47 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de <i>Guettarda eximia</i> (Rubiaceae) - Pic du Pin	40
Figure 54 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de <i>Guettarda eximia</i> (Rubiaceae) - Pic du Pin	40
Figure 49 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Souffre total (S-%) des feuilles d' <i>Alstonia sp.</i> (Apocynaceae)- Pic du Pin	41
Figure 50 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Souffre total (S-%) des feuilles de <i>Calophyllum caledonicum</i> (Calophyllaceae) - Pic du Pin selon l'année.	41
Figure 51 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Souffre total (S-%) des feuilles de <i>Codia jaffrei</i> (Cunoniaceae) - Pic du Pin	42
Figure 52 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Souffre total (S-%) des feuilles de <i>Myodocarpus fraxinifolius</i> (Araliaceae) - Pic du Pin selon l'année.	42
Figure 53 :	Teneur moyenne en soufre (S%) des arbres des espèces communes (avec des valeurs >0,2%) en Forêt-Nord de 2007 à 2010	50

INTRODUCTION

Conformément à l'arrêté ICPE n°1467-2008/PS du 9 octobre 2008 et la convention n°C.238-09 dite «convention pour la conservation de la biodiversité », Vale Nouvelle Calédonie a mis en œuvre des plans de suivi des milieux vivants qui sont inscrits dans sa démarche pour la protection de la biodiversité. Ainsi, Vale Nouvelle-Calédonie a réalisé un programme de surveillance des écosystèmes terrestres pour suivre les effets de ses émissions atmosphériques sur la diversité biologique dans sa zone d'influence. Ce programme s'effectue sur la base du bio-indicateur « suivi de la végétation sur parcelles forestières » tel que fixé dans l'annexe 6.1 de la convention susmentionnée.

Des parcelles permanentes ont été installées sur 3 stations de suivi au niveau des forêts humides sempervirentes de basse altitude des réserves terrestres suivantes :

- Forêt-Nord
- Pic du Grand Kaori
- Pic du Pin

Ces formations forestières de premier ordre ont été sélectionnées de par leur localisation dans la zone d'influence, leur richesse biologique et leur intérêt patrimonial à l'échelle du Grand Sud. Ces formations ont le statut de réserve faunistique et floristique provinciale et sont situées à proximité du site industriel de Vale Nouvelle-Calédonie.

La surveillance des milieux terrestres au regard des émissions gazeuses industrielles n'a jamais été effectuée en Nouvelle-Calédonie et le programme proposé par Vale Nouvelle-Calédonie représente donc une première en la matière. L'étude de Vale Nouvelle-Calédonie s'appuie sur une méthodologie développée par le Professeur F. Murray de l'université de Murdoch en Australie occidentale. Cette approche a été utilisée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour suivre les effets des gaz, notamment industriels, sur la végétation australienne (Mulgrew, A & William, P. 2000). Le protocole est décrit dans les chapitres suivants.

1. LES PARCELLES PERMANENTES

1.1 Protocole de suivi

Vale Nouvelle-Calédonie a fait appel en 2004 au Professeur F. Murray de l'université de Murdoch en Australie occidentale, pour mettre en place une méthode de suivi de la santé des parcelles. Le protocole a pour objectif de fournir les informations nécessaires pour déterminer si les émissions atmosphériques de l'usine ont des effets directs ou indirects sur les formations forestières.

Le protocole se base sur les postulats suivants :

- Le risque d'exposition des arbres aux émissions atmosphériques varie en fonction de la distance par rapport à la source.
- Les polluants de l'air sont absorbés par les végétaux et s'accumulent dans les feuilles. L'analyse foliaire permet d'évaluer cette accumulation et de détecter les éventuelles anomalies physiologiques.

La réserve de la Forêt-Nord est localisée à environ 600 mètres dans le champ proche des sources d'émission atmosphérique de l'usine. Plus éloigné du site industriel, la réserve du Pic du Grand Kaori est situé à environ 5 km, dans le champ éloigné de la zone d'influence des émissions atmosphériques. La réserve du Pic du Pin est placée hors de la zone d'influence du site industriel et a été choisie comme site témoin pour permettre une comparaison des données de suivi des stations de la zone d'influence.

Ces trois formations forestières sont positionnées dans une direction Nord-ouest par rapport au site industriel et sont sous les vents du Sud-est. Ainsi, des parcelles permanentes ont été établies en Forêt-Nord et Pic du Grand Kaori, à proximité du chemin rural n° 7, pour évaluer l'effet des émissions immédiates provenant du trafic routier (poussières, gaz). Les parcelles sont placées en piedmont et en ligne de crête des réserves de Forêt-Nord et du Pic du Grand Kaori afin de détecter les effets potentiels des panaches d'émissions atmosphériques de l'usine dont la progression a été modélisée par la société Katestone en 2007.

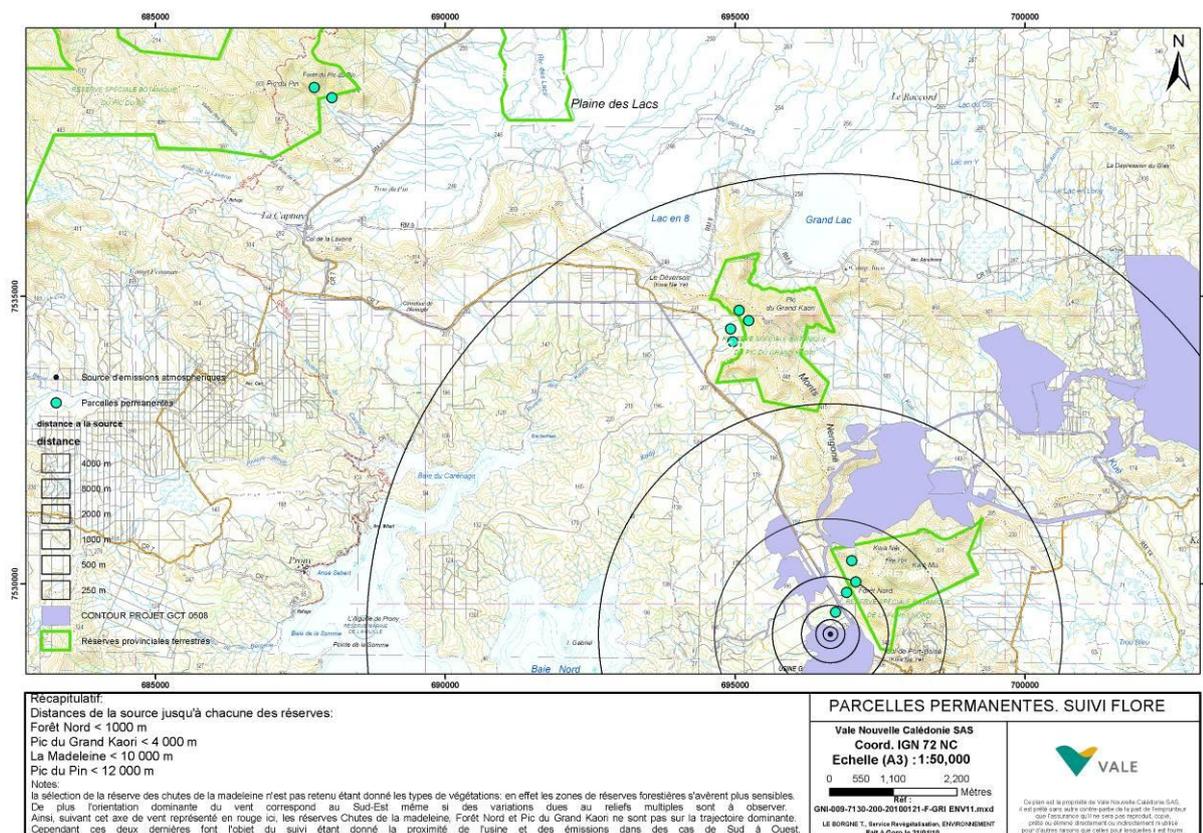
1.2 Objectifs et indicateurs

Les mesures effectuées pour établir le bilan sur l'état de santé des réserves forestières ont montré que la végétation dans les parcelles permanentes de ses formations n'ont pas changée de composition floristique ni en structure de 2006 à 2009 compte tenu de leur lente dynamisme. Ses mesures n'ont pas été effectuées pour la campagne en 2010. De ce fait, les objectifs de la campagne de surveillance de 2010 présentée dans ce rapport ont été simplifiés et sont les suivants :

- Déterminer tout changement dans la santé des végétaux en lien direct ou indirect avec les émissions atmosphériques industrielles. Les mesures de concentration en S, N et métaux dans les feuilles des plantes, la litière et le sol permettent d'évaluer l'apport des polluants atmosphériques et leur absorption à différents niveaux.
- Déterminer l'état de stress des plantes dans l'écosystème, par la mesure de l'activité chlorophyllienne des plantes sur les parcelles permanentes selon leur strate.

1.3 Localisation des parcelles permanentes

Au total, 10 parcelles ont été établies pour suivre l'état de santé de la flore de la Forêt-Nord (FN1, FN2, FN3, FN4), du Pic du Grand Kaori (PGK1, PGK2, PGK3, PGK 4) et du Pic du Pin (PP1, PP2). La localisation et la description de ces parcelles sont présentées à la figure 1 et au tableau 1.


Figure 1 : Localisation des parcelles en Forêt-Nord, au Pic du Grand Kaori et au Pic du Pin

Nom	Position Topo	Altitude	Sol	Type de forêt	IGN 72 Est	IGN 72 Nord	RGNC Latitude	RGNC Longitude
FN1	Plaine	185m	Colluviale	Forêt Humide	696913	7529857	494280.700502	208621.914826
FN2	Piedmont	243m	Colluviale /éboulis	Forêt humide	697074	7530039	494437.801372	208809.148578
FN3	Pente	287m	Eboulis	Forêt humide à <i>Macaranga alc</i>	696979	7530409	494367.517709	209174.913238
FN4	Plaine	179m	Eboulis	Forêt humide à <i>Araucaria nem</i>	696726	7529511	494096.469222	208276.212386
PGK1	Plaine	240m	Colluviale	Forêt Humide à <i>Arillastrum</i>	694956	7534216	492293.373754	212968.095453
PGK2	Piedmont	250m	Colluviale/éboulis	Forêt Humide	694913	7534434	492253.672788	213189.7478
PGK3	Pente	330m	Eboulis	Forêt Humide	695226	7534577	492561.699401	213334.511953
PGK4	Crete	315m	Eboulis	Forêt Humide	695064	7534758	492397.636887	213510.292511
PP1	Plaines	299m	Colluviale	Forêt Humide à <i>Nothofagus</i>	688460	7538653	485348.325723	217157.849409
PP2	Piedmont	313m	Colluviale	Forêt Humide	688385	7539456	485040.4024	217332.852416

Tableau 1 : Localisation et description des parcelles en Forêt-Nord (FN), au Pic du Grand Kaori (PGK) et au Pic du Pin (PP)

2. MÉTHODE DE SUIVI

2.1 Mesures de la santé des plantes

Mesures de stress des plantules par fluorescence chlorophyllienne (fluorimétrie)

La fluorescence est observée au niveau des feuilles de toutes les plantes : c'est une conséquence de la transformation par la plante de l'énergie lumineuse en matière végétale. L'émission de la fluorescence varie selon l'état de stress de la plante, et notamment selon ses carences en éléments nutritifs. Le diagnostic de la fluorescence de la plante permet de déterminer son stress.

Une mesure de fluorescence chlorophyllienne a été effectuée sur une feuille de chaque plante à Forêt-Nord et Pic du Grand Kaori pour donner une valeur numérique instantanée de leur état de vitalité. L'émission de fluorescence est directement liée au processus de photosynthèse sur lequel se répercute tout état de stress de la plante. La mesure de fluorescence chlorophyllienne est effectuée grâce à un fluorimètre portable qu'on appelle "PLANT EFFICIENCY ANALYZER", ou PEA meter (Cambridge Scientifique). La mesure est effectuée de la manière suivante :

- **Une surface foliaire test** est placée dans l'obscurité par un « clip » durant 15 minutes. Sur le plan physiologique cette opération supprime la photosynthèse.
- **Un flash lumineux** est ensuite envoyé sur la surface test. L'énergie lumineuse excédant les possibilités de collecte des systèmes de photosynthèse est alors réémise sous forme de fluorescence, selon une cinétique particulière et numérisée par l'appareil (courbe de fluorescence).

La valeur numérique d'une plante saine est d'environ 0,8 et diminue en cas de stress (Krauss & Weiss, 1991; Kupper *et al*, 1996).



Figure 2 : Plantes numérotées avec dispositif de clip pour les mesures de fluorimétrie



Figure 3 : Mesure de fluorescence chlorophyllienne avec un fluorimètre portable

2.2 Mesures chimiques du sol, de la litière et des feuilles des espèces communes

Critères et techniques de prélèvement

10 échantillons de 100 grammes de sol et de litière ont été récupérés de manière aléatoire à l'intérieur de chaque parcelle afin d'avoir une bonne représentation de l'hétérogénéité chimique de ces milieux. La litière a été prélevée en surface et comprend les parties partiellement décomposées mais non minéralisées des végétaux. Une surface de 0 à 10 cm² d'échantillon de sol a ensuite été prélevée à l'emplacement des prélèvements de litière. Les prélèvements de sols, de litière et de feuilles pour

analyses chimiques ont été effectués à l'extérieur des placettes pour éviter tout impact sur les plantes dans un rayon de 10 m autour de chaque parcelle.

8 échantillons de feuilles à différents stades de maturation ont été récoltés sur les cinq espèces d'arbres communs, dans la canopée à 6-12m de hauteur avec un échenilloir télescopique ou dans les sous-bois (40 échantillons de 40 grammes). 13 espèces (*Cleistanthus stipitatus*, *Cupaniopsis macrocarpa* var. *macrocarpa*, *Dysoxylum canaliensis*, *Elaeocarpus speciosus*, *Ficus austrocaledonica*, *Garcinia neglecta*, *Gardenia aubreyi*, *Macaranga alchorneoides*, *Meryta coriacea*, *Pagiantha cerifera*, *Sparattosyce dioica* et *Xylopia veillardii*) ont été retenues comme représentatives des arbres communs de Forêt-Nord. 6 espèces (*Codia Jaffréi*, *Cryptocarya* sp., *Gardenia aubreyi*, *Guettarda eximia*, *Meryta coriacea* *Pandanus* sp.) ont été retenues comme représentatives des arbres communs du Pic du Grand Kaori. 7 espèces (*Alstonia* sp. *Calophyllum caledonicum*, *Codia jaffréi*, *Guettarda eximia*, *Meryta coriacea*, *Myodocarpus fraxinifolius*, *Pandanus* sp.) ont été retenues comme représentatives des arbres communs sur les parcelles du Pic du Pin. *Pandanus* sp. (*cf. balansae*) et *Meryta coriacea* ont été retenues comme espèces indicatrices les plus communes de toutes les parcelles pour effectuer des comparaisons de chimie foliaire sur les trois stations.

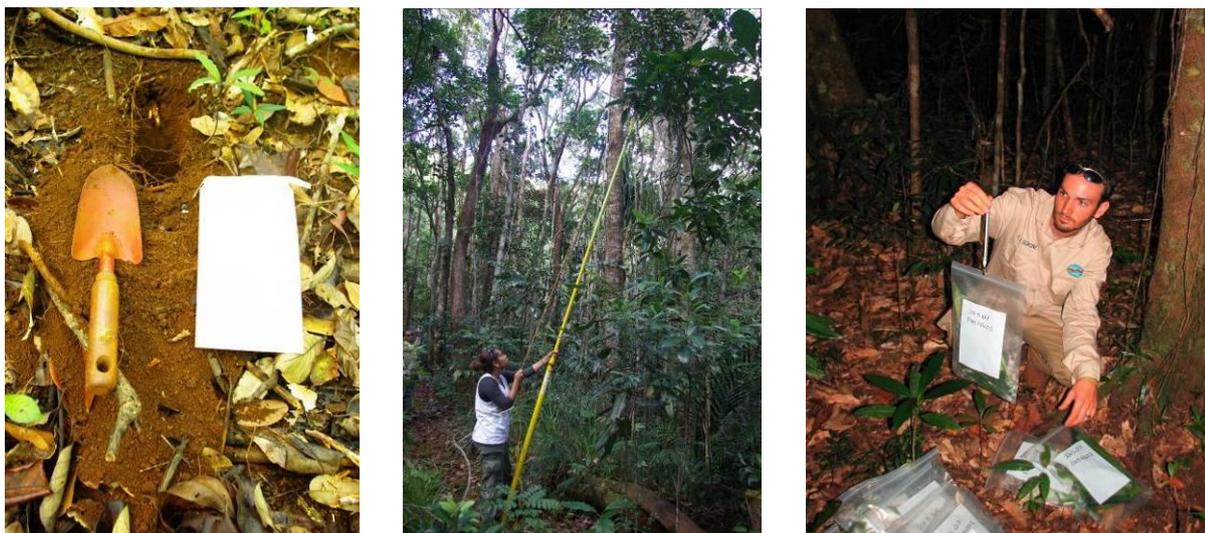


Figure 4 : Dispositif (truelle & sachet en papier) pour l'échantillonnage de sol (gauche) ; prélèvement des feuilles avec un échenilloir télescopique (centre) ; pesée de chaque échantillon de feuille (droite)

Les échantillons ont été envoyés pour prétraitement et analyses chimiques au Laboratoire des Analyses et Moyenne Analytique (LAMA) de l'IRD à Nouméa.

Paramètres chimiques

Les analyses chimiques effectuées par l'IRD ont pour objectif d'identifier d'éventuelles augmentations annuelles de conductivité, azote, soufre ou métaux, qui pourraient suggérer une accumulation de ces éléments dans les sols, litières et feuilles des arbres des milieux forestiers et qui seraient dues à des pollutions gazeuses de SO₂ et de NO_x liées aux émissions atmosphériques de l'usine (unité d'acide) de Vale Nouvelle-Calédonie ou de la centrale électrique à charbon de Prony Energies (Enercal).

Les analyses de sol, litière et feuilles ont été effectuées par le Laboratoire des Analyses et Moyennes d'Analyses (LAMA) de l'IRD de Nouméa selon les techniques et les normes Européennes (ISO 9001) appliquées par l'IRD.

2.3 Traitement des données

Les mesures du rapport de 2010 concernant la santé (fluorimétrie) et les conditions chimiques des parcelles et placettes répliquées selon les recommandations du rapport Murray (2004). Cette information est présentée sous forme d'un tableau de synthèse composé de données exprimées en moyennes et en écarts-types selon l'altitude de la parcelle. Des moyennes et écarts-types sont choisis

pour mieux décrire la variabilité des mesures entre parcelles et effectuer des comparaisons entre stations. Les tableaux de synthèse sont les suivants :

- Synthèse de la santé (fluorimétrie) par espèce pour la Forêt-Nord et le Pic du Grand Kaori.
- Synthèse de la teneur des éléments des sols et litières échantillonnées sur les trois stations.
- Synthèse de la teneur en éléments dans les feuilles des espèces échantillonnées sur les trois stations.

Des analyses de variance multifactorielle (MANOVA) ont été appliquées aux bases de données avec le logiciel statistique JMP3 sur les mesures de fluorimétrie et les analyses chimiques sur les teneurs en Azote (N %) et Soufre (S %) des sols, litières et feuilles des espèces commun. Les résultats de ces analyses sont présentés sous forme de graphiques pour les données comportant des différences significatives de la strate, l'année ou l'altitude. Les traitements statistiques effectués sont les suivants :

- Comparaison de la santé (fluorimétrie) par strate pour la Forêt-Nord et le Pic du Grand Kaori.
- Comparaison des teneurs en N % et S % des sols de Forêt-Nord, du Pic du Grand Kaori et Pic du Pin entre T0, T1, T2 et T3. MANOVA
- Comparaison des teneurs par élément en N % et S % des sols de Forêt-Nord et du Pic du Grand Kaori du Pic du Grand Kaori et Pic du Pin, selon l'altitude. MANOVA
- Comparaison des teneurs en N % et S % des litières de Forêt-Nord, du Pic du Grand Kaori et Pic du Pin entre T0, T1, T2 et T3. MANOVA
- Comparaison des teneurs en N % et S % des litières de Forêt-Nord et du Pic du Grand Kaori et Pic du Pin selon l'altitude. MANOVA
- Comparaison des teneurs en N % et S % dans les feuilles des espèces communes en Forêt-Nord du Pic du Grand Kaori et Pic du Pin, entre T0, T1, T2 et T3. MANOVA.

2.4 Fréquence d'échantillonnage et données disponibles

Le programme de mesures annuel de l'activité de 2010 a été fait pour Forêt Nord. Par contre, le passage de la dépression tropicale Vania a nécessité que l'échantillonnage de Pic du Grand Kaori et Pic du Pin soient décalée en Avril. Les mesures de activité chlorophyllienne des plantés sur Pic du Grand Kaori ont aussi été annulée pour des raisons d'intempérie et la mise en place d'une étude en Février 2010 sur un phénomène de dépérissement des chênes gommés en aval de l'usine.

Le calendrier ci-dessous présente le planning qui a été suivi en 2010 et 2011 pour les mesures et analyses des parcelles permanentes des stations forestières.

Des nouveau techniques développée par IRD Nouméa pour les analyses chimiques de Azote et Soufre a permis de réduire les délais à 3 mois pour l'obtention des résultats des analyses.

	Octobre 2010	Novembre 2010	Décembre 2010	Janvier 2011	Février 2011	Mars 2011	Avril 2011	Mai 2011	Aout 2011	Septembre 2011	Novembre 2011	Décembre 2011	Janvier 2012	
Activité de suivi ou analyse														
Mesures activité chlorophyllienne et état santé Forêt Nord				DEPRESSION TROPICAL VANIA										
Prélèvement sols litière et feuilles pour analyses chimiques à Forêt Nord														
Analyses chimiques effectuées par IRD pour échantillons de Forêt Nord														
Réception des résultats des analyses Chimique de Forêt Nord														
Mesures activité chlorophyllienne et état santé Pic du Grand Kaori														
Prélèvement sols litière et feuilles pour analyses chimiques à Pic du Grand Kaori														
Analyses chimiques effectuées par IRD pour échantillons Pic du Grand Kaori														
Réception des résultats des analyses Chimiques de Pic du Grand Kaori														
Prélèvement sols litière et feuilles pour analyses chimiques à Pic du Pin														
Analyses chimiques effectuées par IRD pour échantillons Pic du Pin														
Réception des résultats des analyses Chimiques de Pic du Pin														
Analyses des données et rédaction rapport 2010														

Tableau 2 : Planning des suivies, échantillonnage et analyses effectuées en 2010 et 2011.

Le tableau ci-dessous synthétise les données disponibles pour le suivi réalisé sur les parcelles pour les campagnes de 2006, 2007, 2008, 2009 et 2011. Le suivi correspond à une station.

Suivi	Forêt-Nord				Pic du Grand Kaori				Pic du Pin			
	Diversité	Structure	Santé	Chimie	Diversité	Structure	Santé	Chimie	Diversité	Structure	Santé	Chimie
Début de l'étude												
2006 : suivi des parcelles disponibles	4	4	4									
2007 : suivi des parcelles disponibles	4	4	4	4	4	4	4	4				
2008 : suivi des parcelles disponibles				4	4	4	4	4				
2009 : suivi des parcelles disponibles				4				4	2	2	2	2
2010 : suivi des parcelles disponibles			4	3				4				2

Tableau 3 : Données disponibles pour le suivi des parcelles en 2006, 2007, 2008, 2009 et 2010

3. RÉSULTATS

3.1 Santé des parcelles en Forêt-Nord et au Pic du Grand Kaori

Fluorimétrie de la végétation par strate sur les parcelles de la Forêt-Nord

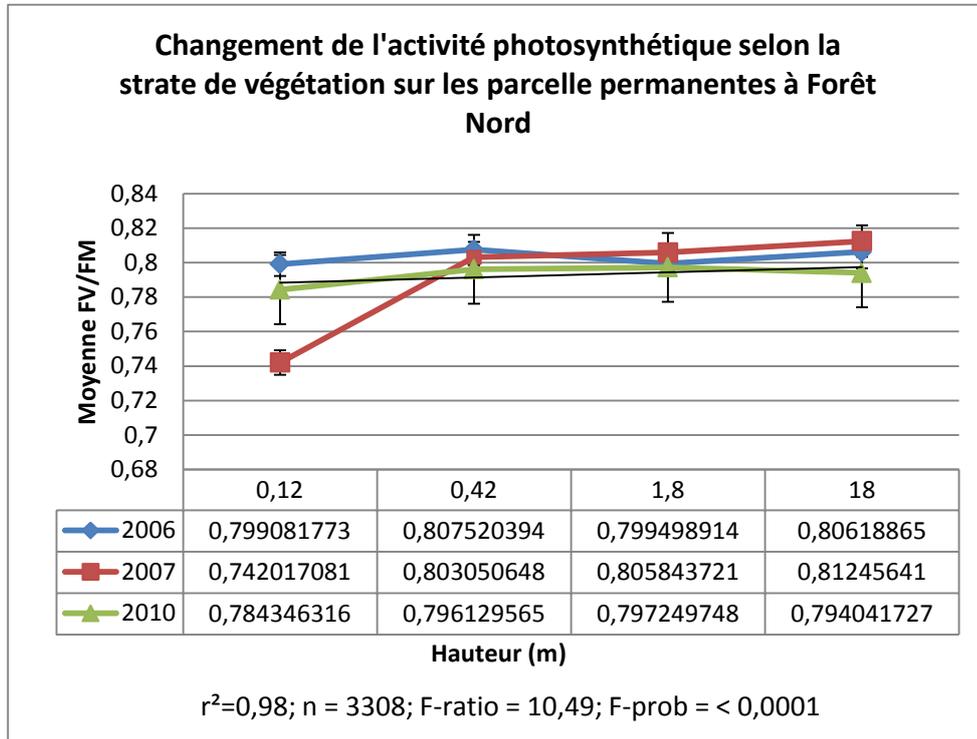


Figure 5 : ANOVA (fluorimétrie) des strates 2006, 2007 et 2010 - Forêt-Nord

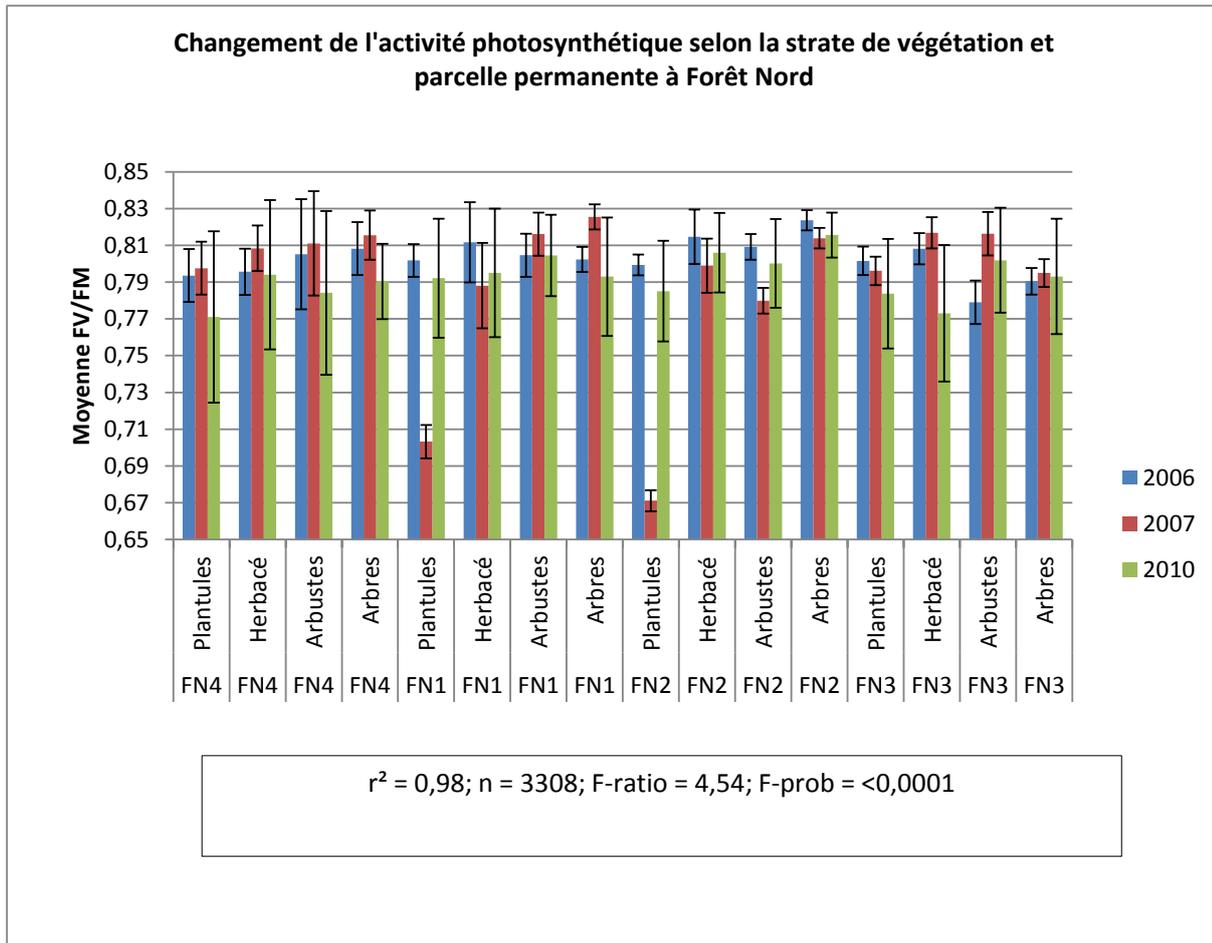


Figure 6 : ANOVA (fluorimétrie) des strates de 2006, 2007 et 2010- Forêt-Nord

Les mesures de fluorimétrie des parcelles selon la strate de végétation en Forêt-Nord ont montré une végétation en général en bonne santé, avec plusieurs similitudes et différences :

- Pas de changement de l'état de santé du système de photosynthèse par fluorimétrie entre T0 et T1 en Forêt-Nord pour les strates herbacées, arbustes et arbres (Figure 13)
- Le changement significatif de l'état de santé du système de photosynthèse pour la strate plantules (0.12m) en Forêt-Nord entre T0 et T1 (Figure 13) est généré par une baisse significative des valeurs de fluorimétrie sur la strate plantules sur les parcelles FN1 et FN2 entre T0 et T1, liée à une mortalité plus élevée des plantules (Figure 14) sur ces parcelles.
- Les valeurs de FV/FM de 2010 sont plus élevées pour la strate plantules que ceux de 2007 (T1).

Fluorimétrie par espèce sur les parcelles de Forêt-Nord (2006 et 2010)

Genre/Espèce	FN4				FN1				FN2				FN3			
	2006		2010		2006		2010		2006		2010		2006		2010	
	N°	FV/FM														
<i>Agathis lanceolata</i>	1	0,837	2	0,807	1	0,829	1	0,774					3	0,828		
<i>Alphitonia neocaledonica</i>	1	0,833	1	0,794	1	0,835	1	0,815								
<i>Alstonia sp.</i>									1	0,813	1					
<i>Alyxia sp.</i>	5	0,803	5	0,615	6	0,835	3	0,807					1	0,824	1	
<i>Amphorogyne spicata</i>													2	0,810	2	0,809
<i>Apodytes clusifolia</i>													2	0,815	3	0,803
<i>Archidendropsis granulosa</i>	99	0,794	76	0,764	27	0,816	14	0,791	55	0,815	43	0,807	3	0,779	1	0,819
<i>Atractocarpus pseudo terminalis</i>					1	0,800	1	0,821								
<i>Atractocarpus sp.</i>	10	0,806	10	0,778	1	0,827	1	0,810	1	0,786	1					
<i>Austrobuxus pauciflorus</i>					1	0,810	1	0,775								
<i>Austrobuxus sp.</i>													1	0,796	1	0,801
<i>Balanops cf. veillardii</i>	1	0,815	1	0,694	11	0,783	11	0,722								
<i>Basselinia pancheri</i>													2	0,774	1	0,822
<i>Beccariella sp.</i>	1	0,826	1	0,809												
<i>Bocquillonina rhomboidea</i>	12	0,813	9	0,748	21	0,806	20	0,800								
<i>Bureavella endichleri</i>									1	0,805						
<i>Bureavella sp.</i>	3	0,795			7	0,789							1	0,788		
<i>Bureavella wakere</i>	1	0,832			1	0,809										
<i>Calophyllum caledonicum</i>	2	0,838	2	0,812					1	0,827	1		9	0,784	11	0,793
<i>Canarium oleiferum</i>	3	0,807	1	0,790									1	0,739	1	0,744
<i>Casearia puberula</i>					1	0,821	1	0,790					7	0,772	7	0,803
<i>Cerberiopsis candelabra</i>	1	0,848	1										4	0,793	4	0,809
<i>Chambeyronia macrocarpa</i>	1	0,790	1	0,722												
<i>Chionanthus brachystachys</i>	1	0,818	1	0,789	3	0,802	3	0,802					1	0,821	1	0,783
<i>Cleidion veillardii</i>	3	0,787	3	0,784									3	0,802	3	0,783
<i>Cleistanthus stipitatus</i>	22	0,809	21	0,793	12	0,826	12	0,812								
<i>Codia arborea</i>													7	0,776	6	0,805
<i>Codia discolor</i>													2	0,761	3	0,810
<i>Codia jaffrei</i>													3	0,796	1	0,764
<i>Comptonella sp.</i>	1	0,820	1													
<i>Cordyline neocaledonica</i>	3	0,785	3	0,692	4	0,811	4	0,798	6	0,819	1	0,782	1	0,807	1	0,811
<i>Crossostylis grandiflora</i>					2	0,832	2	0,817	2	0,811	2	0,807				
<i>Cryptocarya sp.</i>	38	0,792	38	0,799	17	0,809	15	0,812	24	0,809	20	0,806	2	0,779	2	0,782
<i>Cunonia sp.</i>					3	0,835	1	0,815								
<i>Cupaniopsis sp.</i>	29	0,799			79	0,808			48	0,805						
<i>Cyphokentia macrostachya</i>	1	0,808	1	0,798												
<i>Delabrea longicarpa</i>	20	0,789	10	0,784									1	0,829	1	0,818
<i>Deplanchea speciosa</i>													2	0,811	2	0,831
<i>Dicarpellum sp.</i>	1	0,797	1	0,804												
<i>Diospyros olen</i>	3	0,815	3	0,799												
<i>Diospyros sp.</i>	9	0,821	8	0,794	3	0,829	2	0,779					10	0,775	10	0,778
<i>Dysoxylum rufescens subsp. dzumacenses</i>					6	0,808	1	0,780								
<i>Dysoxylum sp.</i>	5	0,780	3	0,783	10	0,814	10	0,810	6	0,814	6	0,799	10	0,785	8	0,788
<i>Elaeocarpus sp.</i>					10	0,821	10	0,802					2	0,803	1	0,783
<i>Elaeocarpus yateensis</i>													2	0,787	2	0,808
<i>Endiandra sp.</i>					3	0,805	2	0,792								
<i>Euroschinus elegans</i>													1	0,793	1	0,794
<i>Euroschinus sp.</i>													4	0,793	4	0,780
<i>Ficus sp.</i>					1	0,81	1	0,813	16	0,829	16	0,812	8	0,777	8	0,785
<i>Flindersia fougieri</i>	2	0,827	1	0,788												
<i>Freycinetia sp.</i>					8	0,795	5	0,793	1	0,791	1	0,783				
<i>Garcinia balansae</i>									1	0,793	1	0,741	1	0,756	1	0,827
<i>Garcinia neglecta</i>									1	0,814	1	0,785	5	0,774	5	0,778
<i>Garcinia sp.</i>	48	0,791	38	0,777	33	0,807	54	0,790	14	0,797	9	0,779	14	0,771	10	0,796
<i>Gardenia aubreyii</i>	8	0,780	8	0,795	1	0,827	1	0,822					3	0,782	4	0,761
<i>Geissois sp.</i>	1	0,828	1	0,771												
<i>Guettarda sp.</i>	1	0,793			5	0,786							1	0,818	1	0,744
<i>Guettarda wagapenses</i>	4	0,832	4	0,801	3	0,820										
<i>Guioa glauca</i>									1	0,826	1	0,800				
<i>Gymnostoma poissonianum</i>	1	0,839														
<i>Halfordia kendac</i>	2	0,814	2	0,801												
<i>Hedycarya parviflora</i>					3	0,802	2	0,790	1	0,769						
<i>Hibbertia pancheri</i>													1	0,780	1	0,791
<i>Homalium sp.</i>	8	0,803	8	0,796	2	0,817	2	0,820					4	0,795	4	0,796
<i>Hugonia sp.</i>					1	0,810	1	0,808					1	0,814	1	0,788
<i>Hypserpa sp.</i>	5	0,817	3	0,743	4	0,803	3	0,803								
<i>Ilex sebertii</i>	2	0,782	2	0,799												

Genre/Espèce	FN4				FN1				FN2				FN3			
	2006		2010		2006		2010		2006		2010		2006		2010	
	N°	FV/FM														
<i>Ixora sp.</i>					42	0,816	37	0,806								
<i>Ixora yahuensis</i>	2	0,810	1	0,774					1	0,823	1	0,805				
<i>Lethedon sp.</i>	4	0,788	4	0,792	2	0,758	2	0,791					1	0,814	1	0,797
<i>Litsea sp.</i>													1	0,817	1	0,794
<i>Macaranga alchomeoides</i>					1	0,830	1	0,806	19	0,818	18	0,809				
<i>Maxwellia lepidota</i>	1	0,824	1	0,796												
<i>Meiogyne tiebagiensis</i>	12	0,819	11	0,806												
<i>Melicope sp.</i>	1	0,815	1	0,802	2	0,805	1	0,770								
<i>Meryta coriaceae</i>	6	0,823	5	0,797	6	0,718	6	0,772					22	0,789	22	0,814
<i>Montrouziera gabriellae</i>													1	0,809	1	0,800
<i>Morierina montana</i>	1	0,679	1	0,810												
<i>Oxera sp.</i>					7	0,825	2	0,812								
<i>Pagiantha cerifera</i>	24	0,807	24	0,800	12	0,813	10	0,803					2	0,800	2	0,800
<i>Pandanus sp.</i>	7	0,776	7	0,735	6	0,788	6	0,773	3	0,797	3	0,729	1	0,687	1	0,813
<i>Periomphale balansae</i>	1	0,809														
<i>Phyllanthus sp.</i>					7	0,787	1						3	0,837	2	0,729
<i>Pittosporum sp.</i>					4	0,8	3	0,786					5	0,800	2	0,729
<i>Planchonella sp.</i>	22	0,790	20	0,767	11	0,815	12	0,756								
<i>Planchonella thiensis</i>	1	0,805	1	0,820	5	0,813	1	0,820								
<i>Pleurocalyptus pancheri</i>													2	0,810	2	0,810
<i>Podocarpus lucienii</i>	3	0,846	3	0,828									2	0,815	1	0,818
<i>Podonaphelium sp.</i>					1	0,807	1	0,805								
<i>Polyalthia nitidissima</i>	4	0,793	4	0,796	3	0,813	4	0,798								
<i>Polyscias dioica</i>					1	0,834	2	0,817								
<i>Polyscias sp.</i>													3	0,828	2	0,788
<i>Psychotria douarrei</i>					1	0,787	1	0,787								
<i>Psychotria sp.</i>	1	0,793	1	0,799	4	0,824	4	0,817					7	0,773	6	0,777
<i>Pycnantha chartacea</i>	1	0,872	1	0,796												
<i>Pycnantha sp.</i>	1	0,786	1	0,799					14	0,820	11	0,809				
<i>Rapanea sp.</i>													3	0,804	2	0,795
<i>Rourea balanseanum</i>	1	0,789	1	0,781	1	0,818	1	0,806					2	0,768	2	0,764
<i>Sarcomelicope simplicifolia</i>	3	0,800	3	0,786												
<i>Schefflera gordonii</i>	1	0,813	1	0,820	1	0,782							1	0,820		
<i>Schefflera sp.</i>	5	0,784	5	0,808	8	0,816	8	0,802	1	0,794	1	0,819	6	0,807	5	0,794
<i>Sloanea sp.</i>					1	0,842	1	0,796								
<i>Smilax sp.</i>	12	0,807	10	0,777	13	0,806	7	0,781	14	0,807	12	0,782				
<i>Sparattosyce dioica</i>					7	0,817	5	0,800	2	0,791	1	0,760	4	0,786	4	0,794
<i>Storckiella pancheri</i>	2	0,733	2	0,806	1	0,833	1	0,815								
<i>Storthocalyx sp.</i>	11	0,794	10	0,798	41	0,809	31	0,794	1	0,813	1	0,794	2	0,828	2	0,792
<i>Styphelia cymbulae</i>													1	0,837	1	0,839
<i>Syzygium arboreum</i>					1	0,801										
<i>Syzygium macranthum</i>					1	0,833										
<i>Syzygium multipetalum</i>													2	0,817	2	0,809
<i>Syzygium sp.</i>	10	0,792	9	0,800	6	0,784	11	0,791	11	0,815	11	0,805	4	0,771	5	0,795
<i>Tapeinosperma sp.</i>					1	0,820	1	0,769					4	0,795	4	0,810
<i>Tarenna sp.</i>	1	0,791														
<i>Tieghemopanax bracteata</i>					1	0,794										
<i>Vitex sp.</i>	2	0,827	1	0,804												
<i>Xanthomyrtus heighenensis</i>	2	0,826	2	0,786												
<i>Xylosma confusum</i>					1	0,806	3	0,821								
<i>Xylopiia sp.</i>	1	0,786			22	0,787	8	0,789	27	0,800	17	0,800	1	0,817	1	0,743
<i>Xylosma sp.</i>	1	0,797	1	0,812	2	0,835	3	0,821								
<i>Zygogynum sp.</i>	6	0,799	6	0,777	3	0,822	2	0,777								
Nombre totale individus	509		407		518		361		273		180		205		184	
Moyenne FV/FM		0,805		0,785		0,810		0,797		0,807		0,791		0,795		0,793

Tableau 4 : Fluorimétrie par espèce - Forêt-Nord

3.2 Caractéristiques chimiques des sols, des litières et des espèces communes des stations

Caractéristiques chimiques des parcelles de Forêt-Nord

LITIÈRE	PARCEL		FN4				FN1				FN2				FN3																
	Altitude (mètres)		179				185				243				287																
	Année		2007		2008		2009		2010		2007		2008		2009		2010		2007		2008		2009								
	Date		24 mai 2007		2 avril 2008		23 novembre 2009		40540,00		23 mai 2007		1 avril 2008		30 novembre 2009		14 décembre 2010		29 mai 2007		9 avril 2008		1 décembre 2009		6 décembre 2010		30 mai 2007		10 avril 2008		2 décembre 2009
Analyses	Élément	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10		
CHNS Humide	N %	0,92	0,18	1,09	0,14	1,21	0,18	1,54	0,08	0,85	0,14	0,95	0,18	1,00	0,10	1,27	0,15	0,93	0,15	1,01	0,11	0,97	0,13	1,30	0,10	0,58	0,09	0,71	0,12	0,83	0,16
	C %	48,97	1,87	48,97	1,87	50,35	0,94	46,86	1,37	49,63	1,10	47,76	1,13	47,84	1,62	44,47	4,14	35,53	4,92	44,66	3,09	44,66	3,09	46,52	3,98	46,99	3,86	46,99	3,86	46,99	3,86
	S %	0,11	0,02	0,05	0,02	0,12	0,01	0,13	0,01	0,12	0,02	0,06	0,02	0,13	0,01	0,13	0,02	0,15	0,02	0,08	0,02	0,12	0,02	0,14	0,01	0,10	0,01	0,04	0,01	0,12	0,01
Attaque totale acide/fusion alcaline	Ca %	1,44	0,22	1,44	0,28	1,47	0,38	1,39	0,22	1,82	0,40	1,52	0,47	1,63	0,48	1,97	0,32	1,50	0,15	1,32	0,19	1,55	0,10	1,56	0,17	1,46	0,55	1,69	0,40	1,97	0,45
	Mg %	0,23	0,06	0,23	0,04	0,29	0,10	0,38	0,07	0,29	0,08	0,30	0,09	0,32	0,09	0,32	0,10	0,43	0,07	0,39	0,08	0,39	0,06	0,42	0,10	0,24	0,07	0,22	0,03	0,27	0,04
	Na %	0,08	0,02	0,01	0,00	0,05	0,01	0,05	0,02	0,07	0,03	0,02	0,01	0,03	0,01	0,05	0,02	0,14	0,06	0,04	0,03	0,10	0,06	0,06	0,03	0,05	0,03	0,01	0,01	0,05	0,02
	K %	0,16	0,05	0,05	0,01	0,13	0,03	0,12	0,05	0,12	0,03	0,06	0,02	0,08	0,02	0,13	0,03	0,12	0,05	0,07	0,01	0,15	0,05	0,11	0,02	0,07	0,02	0,03	0,01	0,07	0,02
	P ppm	160,50	42,57	154,70	28,47	158,60	33,37	212,10	38,62	221,70	48,07	197,70	46,44	212,40	38,04	259,89	65,50	259,20	54,87	283,60	42,92	168,40	35,96	313,70	75,66	81,50	21,04	84,20	10,44	98,70	34,18
	Mn ppm	909,50	506,57	1279,60	378,19	1178,10	765,16	1027,20	376,08	1606,20	953,71	1234,70	1139,98	1518,10	1253,00	1398,22	628,70	268,90	117,46	327,90	113,84	103,80	57,03	601,80	613,17	332,90	158,15	428,60	185,97	407,20	188,89

SOL	Année		2007		2008		2009		2010		2007		2008		2009		2010		2007		2008		2009										
	Date		24 mai 2007		20 avril 2008		23 novembre 2009		40540,00		23 mai 2007		1 avril 2008		30 novembre 2009		14 décembre 2010		29 mai 2007		9 avril 2008		1 décembre 2009		6 décembre 2010		30 mai 2007		10 avril 2008		2 décembre 2009		
	Analyses	Élément	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10			
	Analyses	Élément	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10			
CHNS Humide	pH H2O	0,68	0,23	0,68	0,31	0,54	0,21	5,75	0,19	0,30	0,17	0,36	0,16	0,23	0,06	6,06	0,41	0,43	0,20	0,89	0,26	0,83	0,09	0,63	0,09	0,75	0,11	0,52	0,26	0,54	0,22	0,51	0,20
	N%	12,73	4,48	10,39	4,34	6,39	1,54	5,89	0,65	6,03	3,03	7,14	3,34	4,08	0,79	5,72	0,97	14,41	6,59	12,40	1,84	6,15	0,49	6,39	0,57	12,22	6,59	11,39	4,87	6,13	1,52		
	S%	0,19	0,03	0,07	0,02	0,11	0,02	0,09	0,01	0,14	0,03	0,08	0,02	0,08	0,01	0,07	0,03	0,18	0,04	0,12	0,02	0,08	0,01	0,07	0,02	0,12	0,04	0,06	0,03	0,08	0,02		
Cations échangeables	Ca méq%	11,25	6,61	6,11	3,18	7,29	2,67	5,79	2,86	6,77	4,27	6,25	4,10	2,09	1,17	5,09	2,18	11,77	14,24	8,30	1,29	6,93	1,83	5,84	1,99	20,44	14,24	14,90	5,91	15,56	7,89		
	Mg méq%	5,40	2,03	4,40	2,20	6,19	2,76	6,13	2,54	3,62	1,87	4,78	2,59	4,55	3,16	5,72	3,26	14,96	2,53	11,89	2,23	14,44	6,00	14,46	6,76	5,77	2,53	7,45	3,63	6,60	2,62		
	Na méq%	0,39	0,12	0,39	0,14	0,46	0,19	0,38	0,12	0,29	0,11	0,28	0,09	0,23	0,07	0,27	0,10	0,62	0,14	0,41	0,06	0,30	0,12	0,49	0,12	0,37	0,14	0,21	0,07	0,32	0,11		
Capacité d'échange	K méq%	0,39	0,10	0,43	0,10	0,42	0,16	0,34	0,12	0,30	0,09	0,29	0,06	0,19	0,03	0,35	0,08	0,52	0,13	0,48	0,08	0,36	0,06	0,45	0,09	0,30	0,13	0,30	0,14	0,45	0,31		
	méq%	27,04	8,40	21,70	6,85	22,94	8,34	18,53	5,22	15,18	4,74	17,47	6,02	13,57	2,65	16,62	2,43	29,90	10,79	28,73	2,59	26,62	3,26	24,28	3,84	24,74	10,79	26,60	8,34	27,43	10,91		
Attaque totale acide/fusion alcaline	Ca g/kg	3,08	1,89	2,00	1,05	2,27	1,04	1,84	0,93	1,81	1,24	1,86	1,15	0,80	0,77	1,97	0,59	5,14	14,32	4,54	1,29	3,74	0,78	3,90	0,78	9,45	14,32	5,32	2,45	29,50	76,02		
	Mg mg/kg	7185,89	1059,31	8124,49	642,29	7244,09	2298,65	8212,04	1517,54	11854,42	4137,88	12663,33	3519,72	13841,81	2549,31	13201,44	3172,41	33052,40	3448,35	38908,04	15466,62	47792,28	14256,17	37354,87	11395,22	8943,61	3448,35	12875,00	8226,69	12394,91	8865,99		
	Na mg/kg	63,38	34,63	141,16	82,37	122,48	251,69	399,82	46,29	72,54	43,31	55,89	52,23	19,42	41,22	170,51	69,64	177,22	644,35	231,75	154,92	114,28	134,49	283,66	65,15	290,28	644,35	142,08	240,30	354,57	953,10		
	K mg/kg	29,81	36,50	411,86	107,95	185,27	462,24	180,04	36,67	148,06	199,67	249,56	122,86	123,17	77,42	183,35	88,49	65,75	230,24	374,90	47,45	202,27	194,47	169,39	33,40	176,72	230,24	467,03	471,85	137,31	229,82		
	Ti mg/kg	573,53	61,20	655,97	56,03	675,12	47,37	706,90	71,67	377,56	17,44	390,23	29,20	404,84	36,22	456,01	41,31	233,38	168,43	273,70	84,44	258,54	38,84	315,26	37,96	457,99	168,43	418,53	146,22	431,88	133,96		
	Fe g/kg	333,84	45,47	350,89	40,71	353,07	51,78	365,77	28,63	363,06	46,12	388,77	45,77	333,87	75,60	358,93	28,48	235,83	73,37	269,91	42,36	242,78	15,56	289,75	33,71	329,88	73,37	382,05	106,45	297,80	89,35		
	Co mg/kg	579,73	202,70	588,39	149,95	675,44	148,08	697,67	142,83	1409,21	600,11	327,39	449,30	650,03	411,68	1569,75	856,50	639,88	97,79	706,26	132,82	538,21	176,95	898,03	137,22	474,40	97,79	605,36	170,90	469,79	204,53		
	Cr mg/kg	24062,48	1835,45	26235,36	2498,42	30321,84	2970,44	27950,57	2475,53	21964,73	3504,11	24595,37	3377,30	34095,98	7651,65	19224,37	3365,75	17640,95	3173,58	19867,23	4306,44	27527,55	4254,34	19243,09	2327,06	16457,35	3173,58	19706,28	6461,47	20766,93	5591,73		
	Mn mg/kg	5865,90	2553,49	7301,89	2046,61	6390,40	2161,43	7599,31	1828,33	14666,97	6278,25	15871,85	8679,40	8171,36	2266,03	12965,72	6492,10	4604,38	459,64	6343,83	1160,12	5458,27	566,41	5618,18	744,86	3151,00	459,64	4941,64	1522,20	2845,51	1097,65		
	Ni mg/kg	5524,55	781,48	7106,85	914,11	5347,80	1020,87	7240,27	1477,17	5494,25	720,88	5789,39	471,45	3980,12	2534,80	7730,18	1115,81	7036,07	1790,19	7172,92	704,80	2010,65	1158,75	10338,04	1008,94	5741,90	1790,19	7019,82	2347,06	4410,05	1961,83		
	Al g/kg	19,05	1,90	21,57	2,02	21,96	1,66	22,70	1,31	21,89	1,18	23,00	1,59	23,84	2,44	24,48	1,46	13,49	3,37	15,59	2,25	16,59	1,63	17,65	1,81	19,19	3,37	21,71	6,66	19,26	4,32		
	Cu mg/kg	23,04	2,81	78,88	4,28	27,10	2,91	23,72	3,54	21,81	2,91	102,85	28,77	5,79	5,52	22,65	3,61	16,58	5,54	122,06	30,54	6,94	4,30	19,95	3,88								

Caractéristiques chimiques des parcelles au Pic du Grand Kaori

LITIÈRE	Parcel		PGK1 240								PGK2 250								PGK4 315								PGK3 330							
	Altitude (metres)		2007		2008		2009		2010		2007		2008		2009		2010		2007		2008		2009		2010		2007		2008		2009		2010	
	Date		28-nov.-2007		6-oct.-2008		15-déc.-2009		29 décembre 2010		29-nov.-2007		14-oct.-2008		16-déc.-2009		15-mars-2011		5-déc.-2007		9-oct.-2008		6-janv.-2010		23-mars-2011		4-déc.-2007		16-oct.-2008		17-déc.-2009		17-mars-2011	
	Analyses	Element	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10		
CHNS Humide	N %	0,92	0,18	1,09	0,14	1,21	0,18	1,20	0,15	0,85	0,14	0,95	0,18	1,00	0,10	1,04	0,08	0,58	0,09	0,71	0,12	0,83	0,16	1,03	0,10	0,93	0,15	1,01	0,11	0,97	0,13	1,03	0,10	
	C %	48,97	1,87	48,97	1,87	50,35	0,94	46,27	4,40	49,63	1,10	47,76	1,13	48,05	1,49	46,52	3,98	46,99	3,86	46,52	3,98	46,13	2,52	46,13	2,52	44,47	4,14	35,53	4,92	46,13	2,52			
	S %	0,11	0,02	0,05	0,02	0,12	0,01	0,11	0,01	0,12	0,02	0,06	0,02	0,13	0,01	0,11	0,01	0,10	0,01	0,04	0,01	0,12	0,01	0,11	0,01	0,15	0,02	0,08	0,02	0,12	0,02	0,11	0,01	
	Ca %	1,44	0,22	1,44	0,28	1,47	0,38	1,35	0,23	1,82	0,40	1,52	0,47	1,63	0,48	1,29	0,43	1,46	0,55	1,69	0,40	1,97	0,45	1,52	0,18	1,50	0,15	1,32	0,19	1,55	0,10	1,52	0,18	
	Mg %	0,23	0,06	0,23	0,04	0,29	0,10	0,30	0,21	0,29	0,08	0,30	0,09	0,32	0,09	0,23	0,08	0,24	0,07	0,22	0,04	0,27	0,04	0,28	0,06	0,43	0,07	0,39	0,08	0,39	0,06	0,28	0,06	
	Na %	0,08	0,02	0,01	0,00	0,05	0,01	0,04	0,01	0,07	0,03	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,05	0,03	0,01	0,01	0,05	0,02	0,02	0,01	0,14	0,06	0,04	0,03	0,10	0,06	0,02	0,01	
	K %	0,16	0,05	0,05	0,01	0,13	0,03	0,07	0,02	0,12	0,03	0,06	0,02	0,08	0,02	0,04	0,01	0,07	0,02	0,03	0,01	0,07	0,02	0,06	0,01	0,12	0,05	0,07	0,01	0,15	0,05	0,06	0,01	
	P ppm	160,50	42,57	154,70	28,47	158,60	33,37	107,90	39,69	221,70	48,07	197,70	46,44	212,40	38,04	71,23	8,74	81,50	21,04	84,20	10,44	98,70	34,18	78,15	16,59	259,20	54,87	283,60	42,92	168,40	35,96	78,15	16,59	
	Mn ppm	909,50	506,57	1279,60	378,19	1178,10	765,16	1663,10	945,59	1606,20	953,71	1234,70	1139,98	1518,10	1253,00	1133,08	287,26	332,90	158,15	428,60	185,97	407,20	188,89	1496,34	3114,99	268,90	117,46	327,90	113,84	103,80	57,03	1496,34	3114,99	
	Attaque totale acide/fusion alcaline		160,50	42,57	154,70	28,47	158,60	33,37	107,90	39,69	221,70	48,07	197,70	46,44	212,40	38,04	71,23	8,74	81,50	21,04	84,20	10,44	98,70	34,18	78,15	16,59	259,20	54,87	283,60	42,92	168,40	35,96	78,15	16,59

SOL	Parcel		PGK1 240								PGK2 250								PGK4 315								PGK3 330							
	Altitude (metres)		2007		2008		2009		2010		2007		2008		2009		2010		2007		2008		2009		2010		2007		2008		2009		2010	
	Date		28-nov.-2007		6-oct.-2008		15-déc.-2009		29 décembre 2010		29-nov.-2007		14-oct.-2008		16-déc.-2009		15-mars-2011		5-déc.-2007		9-oct.-2008		6-janv.-2010		23-mars-2011		4-déc.-2007		16-oct.-2008		17-déc.-2009		17-mars-2011	
	Analyses	Element	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10	Moyenne n=10	Ecartype n=10		
CHNS Humide	pH H2O	5,70	0,65	5,70	0,65	5,70	0,65	5,70	0,65	5,27	0,44	5,27	0,44	5,27	0,44	5,27	0,44	5,27	0,44	5,27	0,44	5,27	0,44	5,27	0,44	5,27	0,44	5,27	0,44	5,27	0,44	5,27	0,44	
	N%	0,63	0,24	0,32	0,15	0,27	0,10	0,34	0,13	0,65	0,16	0,63	0,26	0,30	0,07	0,30	0,08	0,99	0,44	0,55	0,25	0,41	0,12	0,47	0,22	0,52	0,15	0,56	0,16	0,35	0,09	0,40	0,09	
	C%	13,32	5,01	4,68	1,73	4,88	1,35	5,27	1,48	13,08	4,28	12,92	5,94	5,76	1,18	5,76	1,18	20,87	9,76	9,41	4,69	6,12	1,12	6,22	2,20	8,53	3,00	8,37	2,62	5,75	0,58	6,59	0,97	
	S%	0,12	0,02	0,09	0,02	0,09	0,02	0,07	0,01	0,11	0,03	0,09	0,03	0,08	0,02	0,09	0,01	0,14	0,07	0,07	0,02	0,07	0,01	0,07	0,02	0,08	0,02	0,07	0,01	0,06	0,01	0,06	0,01	
Cations échangeables	Ca méq%	6,42	5,33	1,48	1,81	1,81	2,76	2,32	2,64	8,86	4,17	7,67	3,40	2,78	3,44	2,93	2,82	15,32	7,60	7,79	4,75	4,25	3,43	8,00	7,72	8,44	4,33	7,12	3,37	4,81	2,26	4,58	3,22	
	Mg méq%	5,39	4,46	3,61	4,94	2,28	2,96	4,98	6,21	8,13	3,78	6,95	6,65	4,48	4,60	3,30	2,79	14,74	7,16	9,92	11,41	9,31	7,52	10,08	7,52	8,31	4,45	6,81	6,22	13,29	9,23	6,81	6,22	
	Na méq%	0,44	0,16	0,18	0,12	0,19	0,06	0,28	0,12	0,47	0,13	0,58	0,25	0,23	0,11	0,25	0,15	0,57	0,17	0,46	0,14	0,30	0,09	0,34	0,18	0,34	0,06	0,49	0,12	0,27	0,07	0,26	0,07	
	K méq%	0,31	0,16	0,07	0,05	0,11	0,05	0,15	0,06	0,34	0,11	0,28	0,15	0,15	0,11	0,21	0,10	0,55	0,18	0,27	0,09	0,27	0,09	0,35	0,14	0,26	0,10	0,26	0,08	0,16	0,06	0,25	0,09	
Capacité d'échange	méq%	24,68	8,40	15,56	6,84	11,68	4,50	13,73	6,03	26,41	6,31	31,03	10,26	13,42	4,71	13,30	3,82	38,88	13,06	29,12	12,70	17,43	5,66	21,60	9,67	22,47	7,13	26,62	6,19	16,73	4,70	18,69	3,52	
	Ca g/kg	2,15	1,80	0,82	1,05	0,88	1,14	1,56	1,69	3,21	1,54	2,54	1,14	0,96	1,25	1,85	1,43	7,11	3,38	3,48	2,78	2,72	2,37	3,65	3,28	2,89	1,45	2,61	1,31	1,82	0,81	2,18	1,11	
	Mg mg/kg	5546,80	6913,71	11929,04	15952,36	6068,18	7501,25	16501,33	16335,28	10454,70	4503,61	9550,37	5712,83	8783,63	3368,09	9962,12	3613,06	20694,74	10566,28	21943,97	12726,39	23795,75	13283,69	20633,60	11300,47	14971,15	6219,16	18484,27	8931,93	12444,56	5205,42	20725,27	12404,90	
	Na mg/kg	119,33	50,61	116,59	97,26	73,56	64,48	394,46	78,88	128,29	65,56	126,36	68,92	62,80	57,22	152,58	84,34	151,92	38,71	135,97	58,89	301,34	139,85	240,57	55,38	83,67	30,97	129,18	37,85	81,47	51,68	266,06	140,24	
Attaque totale acide/fusion alcaline	K mg/kg	168,07	116,40	39,59	49,79	171,75	130,84	51,04	24,80	82,27	58,77	136,69	71,83	143,53	90,36	154,97	64,48	274,17	111,10	182,68	64,66	276,51	117,81	226,49	63,44	45,23	68,06	118,76	65,93	215,38	167,01	212,20	66,69	
	Ti mg/kg	471,67	103,36	561,75	96,31	523,58	79,42	509,86	117,70	356,90	54,95	314,97	68,15	397,87	56,62	433,86	70,52	227,73	95,72	297,30	60,65	325,62	37,52	335,72	53,17	349,57	70,47	316,99	63,42	345,25	73,47	359,53	52,14	
	Fe g/kg	344,83	71,50	431,65	65,82	385,90	37,42	382,92	62,13	338,99	46,39	334,21	62,00	365,27	22,98	370,90	26,85	220,09	105,59	359,24	44,92	320,98	70,37	359,24	44,92	367,51	41,73	346,80	44,61	391,30	32,77	352,90	30,30	
	Co mg/kg	579,24	106,93	702,92	148,32	662,35	150,34	827,04	170,36	901,17	267,48	675,65	314,80	915,22	577,59	1130,48	987,95	671,46	365,54	1053,40	195,15	1106,42	148,90	1268,63	512,51	1102,94	237,35	1100,79	214,66	900,94	367,36	1115,92	202,38	
	Cr mg/kg	20804,87	3265,78	13870,11	1276,38	17765,76	3802,51	19095,90	2578,54	24257,89	5191,83	21713,96	4005,21	18726,94	2159,79	24249,59	1924,59	18509,89	8505,69	22373,39	4450,38	20285,56	1736,97	17757,69	1982,24	19745,94	1715,93	23564,24	1422,56	17128,73	2210,27	19291,95	1930,62	
	Mn mg/kg	4819,33	900,21	5797,74	1492,27	4962,26	1511,53	6689,15	1914,14	7187,04	2379,13	5782,58	3233,32	8521,42	3711,88	8147,03	4577,08	6990,36	4957,56	13773,88	6425,55	10642,62	2724,50	10759,34	3576,62	8736,15	1834,58							

Caractéristiques chimiques des parcelles du Pic du Pin

	Analyses	Elements	Parcel 1				Parcel 2			
			mardi 30 juin 2009		mercredi 30 mars 2011		mercredi 1 juillet 2009		mardi 5 avril 2011	
			Moyenne n=10	Ecartype n =10	Moyenne n=10	Ecartype n =10	Moyenne n=10	Ecartype n =10	Moyenne n=10	Ecartype n =10
Litiere	CHNS humide	N %	0,96	0,17	1,07	0,13	1,03	0,15	0,88	0,13
		C %	48,47	2,83	48,61	2,51	49,28	0,95	52,84	6,15
		S %	0,11	0,01	0,10	0,01	0,10	0,01	0,11	0,01
	Attaque totale acide/Fusion alcaline	Ca %	1,19	0,26	1,06	0,23	1,21	0,24	1,14	0,24
		Mg %	0,24	0,04	0,28	0,08	0,25	0,08	0,21	0,03
		Na %	0,05	0,05	0,03	0,02	0,05	0,05	0,03	0,02
		K %	0,06	0,01	0,08	0,02	0,06	0,01	0,06	0,01
P ppm		110,60	21,00	105,80	19,29	91,40	30,54	92,80	20,53	
Mn ppm	1 381,70	993,50	2 032,01	1 540,70	1 675,90	971,85	1 993,30	712,42		
Sol	CHNS humide	pH H2O			5,76	0,40			4,68	0,36
		N%	0,28	0,19	2,38	0,57	0,19	0,07	1,90	0,44
		C%	53,97	18,53	38,94	7,28	37,50	8,23	36,12	8,90
		S%	0,08	0,01	0,07	0,01	0,09	0,03	0,09	0,02
	Cations échangeables	Ca méq%	1,54	1,54	1,92	1,59	0,96	1,03	0,43	0,19
		Mg méq%	4,91	6,16	2,62	3,35	2,49	3,52	0,89	0,90
		Na méq%	0,26	0,19	0,13	0,08	0,19	0,07	0,14	0,07
		K méq%	0,18	0,15	0,13	0,04	0,11	0,06	0,07	0,01
	Capacité d'échange	méq%	17,51	10,19	10,93	2,18	9,75	3,11	6,63	1,01
	Attaque totale acide/Fusion alcaline	Ca g/kg	0,61	0,67	0,79	0,54	0,32	0,33	0,33	0,15
		Mg mg/kg	8 449,13	3 560,68	11 628,94	3 890,66	7 607,06	3 241,76	4 723,90	2 942,60
		Na mg/kg	161,12	83,47	251,64	71,96	295,60	164,63	28,95	69,19
		K mg/kg	196,03	92,71	110,04	26,37	61,83	80,90	111,03	112,55
		Ti mg/kg	471,56	92,52	605,39	68,73	458,11	71,94	506,78	88,21
		Fe g/kg	377,56	75,11	362,38	16,01	451,38	29,65	427,28	19,64
		Co mg/kg	695,11	205,09	973,49	115,43	622,61	184,19	622,39	167,50
		Cr mg/kg	15 983,34	2 973,35	21 890,41	1 822,38	15 088,28	1 431,46	18 598,55	1 667,97
		Mn mg/kg	8 364,53	2 738,38	9 667,12	2 507,47	5 507,72	2 012,54	6 217,80	2 301,13
		Ni mg/kg	5 337,04	805,91	7 029,18	1 627,59	6 112,55	1 791,53	4 837,94	1 150,31
		Al g/kg	26,52	4,93	29,65	1,57	25,72	2,52	26,32	2,02
Cu mg/kg		13,63	3,40	21,67	3,55	13,54	3,72	21,86	6,34	
P mg/kg	93,11	30,98	106,84	18,15	86,79	14,75	100,11	15,00		
Si g/kg	38,81	11,41	63,43	12,95	19,32	6,52	16,12	5,88		
Zn mg/kg	190,28	58,85	307,93	36,85	270,88	28,15	321,85	22,71		

Tableau 7 : Caractéristiques chimiques des échantillons de litière et de sol - Pic du Pin (2009-2011)

L'analyse chimique des litières et des sols du Pic du Pin montrent plusieurs tendances :

- Les teneurs en Azote (N), Soufre (S) et Phosphore (P) sont en général plus élevées dans la litière que dans le sol de toutes les parcelles.
- Les teneurs en Carbone (C), Magnésium (Mg), Sodium (Na) et Manganèse (Mn) sont en général plus élevées dans le sol que dans la litière.
- La différence des teneurs de Calcium (Ca) et Potasse (K) entre les horizons de litière et de sol sont aléatoires entre les horizons et les parcelles.
- L'élément Fer (Fe) est le plus abondant des métaux dans le sol, suivi du Magnésium (Mg), Chrome (Cr), Manganèse (Mn), Nickel (Ni), Cobalt (Co), Titane (Ti), Zinc (Zn), Aluminium (Al) et Cuivre (Cu).
- L'élément non métallique le plus abondant dans le sol est la Silice (Si).
- Une énorme augmentation en N dans le sol en 2011 par rapport aux valeurs en 2009.
- Le pH des sols au PP2 est légèrement plus acide que sur PP1.

Caractéristiques chimiques des végétaux communs sur les parcelles de Forêt-Nord

Species	Plot	Altitude (m)	Ca %		Mg %		Na %		K %		P ppm		Mn ppm		S %		N %		Année
			Mean n=8	Stdev n=8	Mean n=8	St Dev n=8													
<i>Cleistanthus stipitatus</i> (Annonaceae)	1	184	0,82	0,25	0,24	0,07	0,10	0,05	0,65	0,13	607,50	61,34	485,00	272,22	0,16	0,02	1,31	0,11	2007
			0,82	0,19	0,25	0,03	0,03	0,01	0,64	0,06	580,75	37,94	617,63	251,07	0,13	0,01	1,67	0,03	2008
			0,77	0,18	0,20	0,02	0,06	0,02	0,58	0,09	575,25	60,80	931,88	281,70	0,16	0,03	1,61	0,11	2009
			0,74	0,14	0,22	0,06	0,06	0,02	0,52	0,07	583,25	57,20	492,00	201,81	0,15	0,01	1,61	0,09	2010
<i>Cupaniopsis macrocarpa</i> var. <i>macrocarpa</i> (Sapindaceae)	1	184	0,79	0,20	0,62	0,19	0,18	0,04	0,56	0,14	782,38	68,71	348,00	196,17	0,17	0,02	1,28	0,10	2007
			0,87	0,39	0,49	0,19	0,41	0,35	0,91	0,37	756,63	217,29	686,13	588,68	0,14	0,07	1,49	0,16	2008
			0,99	0,23	0,70	0,12	0,33	0,05	1,14	0,15	795,75	74,23	532,75	450,22	0,23	0,02	1,74	0,11	2009
			0,72	0,21	0,45	0,13	0,16	0,07	0,60	0,18	849,38	176,99	348,13	110,38	0,17	0,02	1,56	0,15	2010
<i>Dysoxylum canalienses</i> (Meliaceae)	3	287	2,61	1,01	0,40	0,05	0,25	0,19	0,84	0,13	381,00	31,29	63,50	26,31	0,38	0,08	1,20	0,12	2007
			1,69	0,19	0,24	0,04	0,20	0,07	0,89	0,15	407,00	26,78	63,00	14,91	0,31	0,04	1,23	0,09	2008
			2,19	0,20	0,26	0,05	0,29	0,07	0,73	0,08	367,00	29,90	85,63	25,87	0,26	0,04	1,13	0,14	2009
<i>Elaeocarpus speciosus</i> (Elaeocarpaceae)	4	179	1,56	0,24	0,15	0,06	0,09	0,04	0,73	0,16	375,38	31,40	2205,50	780,53	0,12	0,00	0,91	0,09	2007
			1,41	0,38	0,13	0,05	0,06	0,05	0,82	0,32	396,88	60,50	1779,63	767,33	0,10	0,02	1,00	0,08	2008
			1,20	0,31	0,13	0,03	0,05	0,02	0,85	0,15	369,00	31,58	1442,25	455,48	0,13	0,01	1,25	0,09	2009
			1,19	0,41	0,12	0,03	0,06	0,02	0,66	0,13	346,38	37,86	1670,38	542,32	0,15	0,06	1,29	0,09	2010
<i>Ficus austrocaledonica</i> (Moraceae)	2	243	1,59	0,25	0,68	0,08	0,45	0,09	0,94	0,09	605,00	64,69	63,63	10,51	0,20	0,03	1,19	0,10	2007
			1,84	0,42	0,62	0,14	0,28	0,08	1,03	0,25	695,38	151,84	59,50	16,65	0,14	0,03	1,41	0,19	2008
			2,21	0,48	0,65	0,16	0,34	0,14	0,93	0,26	677,88	96,04	85,38	20,76	0,13	0,02	1,55	0,17	2009
			2,11	0,44	0,59	0,08	0,40	0,16	0,89	0,29	590,50	135,01	61,00	12,71	0,13	0,01	1,50	0,23	2010
<i>Garcinia neglecta</i> (Clusiaceae)	1	184	2,70	0,23	0,46	0,06	0,17	0,05	0,77	0,12	479,75	49,50	1568,63	871,45	0,18	0,02	1,10	0,07	2007
			2,40	0,18	0,43	0,11	0,11	0,10	0,39	0,16	483,13	70,21	1436,63	1127,03	0,15	0,03	1,31	0,09	2008
			2,28	0,41	0,36	0,07	0,15	0,08	0,47	0,10	528,00	126,64	746,00	705,85	0,15	0,04	1,33	0,09	2009
	1	184	2,12	0,68	0,38	0,06	0,39	0,28	0,38	0,08	448,25	70,67	1141,75	510,69	0,17	0,03	1,18	0,05	2010
			1,52	0,55	0,26	0,13	0,18	0,18	0,61	0,15	235,50	23,76	355,88	31,87	0,17	0,12	0,75	0,12	2007
			1,35	0,21	0,23	0,03	0,10	0,03	0,64	0,16	216,63	29,52	282,13	91,64	0,17	0,05	0,70	0,06	2008
<i>Gardenia aubreyi</i> (Rubiaceae)	4	179	1,36	0,22	0,20	0,03	0,10	0,06	0,55	0,09	216,63	29,81	322,50	85,98	0,18	0,03	0,64	0,02	2009
			1,18	0,13	0,32	0,03	0,49	0,10	1,43	0,28	356,00	21,69	64,88	9,64	0,16	0,01	1,39	0,10	2007
			0,82	0,20	0,53	0,11	0,43	0,12	3,05	0,29	647,63	38,39	417,75	202,32	0,61	0,12	3,11	0,17	2008
			1,19	0,17	0,36	0,05	0,46	0,09	1,20	0,18	338,50	21,70	71,63	14,65	0,18	0,01	1,55	0,08	2009
<i>Macaranga alchoreoides</i> (Euphorbiaceae)	2	243	1,03	0,11	0,30	0,05	0,35	0,03	0,98	0,09	315,00	33,38	75,13	36,44	0,15	0,01	1,49	0,06	2010
			1,57	0,18	0,72	0,09	0,48	0,10	0,67	0,10	518,63	60,93	59,13	11,68	0,21	0,02	1,16	0,12	2007
			1,53	0,26	0,57	0,07	0,41	0,06	0,89	0,21	575,38	61,51	48,38	7,27	0,19	0,03	1,29	0,13	2008
			1,71	0,24	0,49	0,12	0,42	0,18	0,69	0,22	471,38	50,41	112,00	45,98	0,20	0,04	1,38	0,06	2009
<i>Meryta coriacea</i> (Araliaceae)	4	179	1,42	0,29	0,61	0,09	0,44	0,10	0,77	0,20	499,25	87,94	56,25	16,77	0,20	0,03	1,48	0,18	2010
			1,19	0,19	0,27	0,03	0,78	0,11	1,13	0,15	380,38	63,32	303,50	54,00	0,12	0,01	0,90	0,09	2007
			1,40	0,24	0,29	0,09	0,71	0,12	0,88	0,27	391,88	35,81	342,88	139,30	0,13	0,03	1,07	0,14	2008
			1,25	0,19	0,25	0,04	0,79	0,14	1,27	0,33	394,50	53,32	268,75	78,09	0,13	0,03	1,27	0,07	2009
			1,10	0,15	0,27	0,08	0,67	0,09	0,92	0,33	339,00	30,97	353,00	135,21	0,16	0,06	1,38	0,06	2010
			1,19	0,50	0,39	0,14	0,94	0,12	0,73	0,17	415,00	36,00	378,25	229,09	0,16	0,05	0,87	0,06	2007
	1	184	0,98	0,26	0,38	0,13	0,90	0,11	0,93	0,25	408,38	55,11	296,25	212,30	0,12	0,05	1,07	0,15	2008
			1,05	0,22	0,37	0,06	0,85	0,14	0,79	0,28	353,88	41,62	279,13	162,35	0,15	0,05	1,01	0,08	2009
			1,49	0,59	0,28	0,05	0,83	0,09	0,51	0,14	324,13	40,81	522,88	174,90	0,16	0,04	1,09	0,11	2010
			0,88	0,10	0,51	0,08	0,92	0,10	0,90	0,20	421,75	58,88	93,00	34,76	0,17	0,05	0,83	0,07	2007
			0,92	0,27	0,48	0,10	0,70	0,12	1,04	0,28	392,00	47,69	132,00	103,89	0,14	0,05	0,92	0,09	2008
			0,98	0,11	0,47	0,10	0,71	0,08	0,67	0,36	388,88	58,35	98,50	15,92	0,18	0,05	1,05	0,10	2009
2	243	0,78	0,26	0,45	0,07	0,53	0,19	1,28	0,36	547,50	129,54	93,63	69,18	0,12	0,03	1,20	0,14	2010	
		2,41	0,55	0,30	0,13	0,95	0,18	0,63	0,15	207,88	23,76	110,00	31,87	0,25	0,12	0,64	0,12	2007	
		3,03	0,76	0,34	0,14	0,70	0,21	0,47	0,17	217,25	30,34	124,75	30,14	0,23	0,06	0,63	0,05	2008	
		2,82	0,36	0,32	0,10	0,68	0,18	0,52	0,12	192,25	23,57	111,00	27,03	0,25	0,08	0,61	0,05	2009	
		0,88	0,13	0,60	0,03	0,52	0,10	3,45	0,28	684,75	21,69	543,38	9,64	0,76	0,01	2,91	0,10	2007	
		1,02	0,12	0,28	0,03	0,29	0,08	1,40	0,21	341,50	22,58	58,63	9,24	0,11	0,04	1,32	0,10	2008	
<i>Pagiantha cerifera</i> (Apocynaceae)	4	179	0,94	0,16	0,53	0,08	0,49	0,09	3,25	0,61	650,88	62,23	537,50	184,60	0,83	0,08	3,38	0,21	2009
			0,86	0,17	0,51	0,10	0,41	0,12	2,25	0,25	655,50	112,26	593,38	231,89	0,83	0,12	3,14	0,21	2010
			1,10	0,09	0,17	0,02	0,12	0,06	1,38	0,17	296,88	18,06	194,88	63,31	0,09	0,01	0,77	0,05	2007
			1,18	0,27	0,19	0,02	0,12	0,07	0,98	0,32	283,25	36,41	225,00	87,56	0,09	0,01	0,78	0,08	2008
			1,08	0,27	0,19	0,05	0,15	0,06	1,08	0,22	302,75	26,62	256,75	90,60	0,12	0,02	1,05	0,05	2009
			0,96	0,19	0,19	0,03	0,11	0,05	0,97	0,21	288,13	34,83	189,75	87,93	0,12	0,05	1,13	0,08	2010
	1	184	0,91	0,16	0,21	0,03	0,60	0,27	1,17	0,18	381,00	17,70	324,25	159,18	0,15	0,05	0,81	0,06	2007
			0,99	0,24	0,19	0,03	0,37	0,32	1,12	0,50	326,50	48,55	320,38	194,66	0,10	0,03	0,79	0,08	2008
			0,98	0,18	0,21	0,02	0,53	0,02	0,99	0,09	345,88	60,80	283,00	281,70	0,13	0,03	1,04	0,11	2009
			0,94	0,16	0,18	0,03	0,48	0,28	0,92	0,30	332,63	39,32	325,38	260,02	0,14	0,04	1,11	0,11	2010
			1,10	0,20	0,23	0,07	0,60	0,20	1,23	0,38	404,88	40,58	56,13	19,83	0,16	0,02	0,81	0,09	2007
			1,12	0,24	0,23	0,05	0,41	0,23	1,39	0,23	411,13	72,78	48,75	24,15	0,14	0,02	0,90	0,11	2008
2	243	0,98	0,16	0,23	0,07	0,51	0,18	1,41	0,30	393,38	65,74	65,63	31,28	0,14	0,01	0,86	0,06	2009	
		1,03	0,22	0,21	0,06	0,48	0,27	1,15	0,24	384,50	36,47	46,38	7,42	0,15	0,04	1,07	0,12	2010	
		1,09	0,27	0,13	0,02	0,09	0,04	1,20	0,11	211,63	20,93	69,50	9,26	0,16	0,02	0,64	0,05	2007	
		1,37	0,35	0,14	0,05	0,09	0,05	1,00	0,34	219,63	31,91	86,00	12,05	0,18	0,05	0,72	0,08	2008	
		1,24	0,25	0,14	0,05	0,11	0,04	1,02	0,12										

Caractéristiques chimiques des végétaux communs sur les parcelles de Pic du Grand Kaori

Espèce	Parcelle	Altitude (m)	Ca %		Mg %		Na %		K %		P (ppm)		Mn (ppm)		S %		N %		Année		
			Moyenne n=8	Ecartype n=8																	
<i>Cleidion sp.</i>	2	250	2,11	0,40	0,40	0,10	0,28	0,07	0,46	0,13	239,50	21,88	53,63	24,64	0,29	0,06	0,84	0,07	2007		
	3	330	1,85	0,39	0,42	0,11	0,74	0,15	0,44	0,16	198,63	25,63	111,75	35,49	0,17	0,02	0,70	0,08			
	4	315	2,36	0,15	0,39	0,04	0,32	0,04	0,33	0,05	216,38	11,78	45,00	19,41	0,18	0,02	0,82	0,07			
	2	250	2,12	0,27	0,43	0,06	0,29	0,07	0,31	0,11	204,50	23,56	54,38	23,75	0,24	0,05	0,84	0,06			
	<i>Codia jaffrei</i>	3	330	2,55	0,21	0,35	0,07	0,26	0,04	0,32	0,07	225,25	22,33	70,88	17,32	0,33	0,03	0,87	0,06	2008	
		4	315	2,62	0,28	0,40	0,08	0,32	0,09	0,26	0,09	206,88	13,31	60,00	52,76	0,26	0,04	0,80	0,07		
		2	250	2,27	0,38	0,34	0,06	0,27	0,05	0,58	0,15	223,13	18,88	68,63	25,07	0,24	0,06	1,13	0,06		
		3	330	2,69	0,47	0,29	0,08	0,30	0,05	0,46	0,11	231,50	28,68	86,50	39,48	0,22	0,02	1,14	0,13		
		<i>Cryptocarya sp.</i>	4	315	2,82	0,40	0,35	0,04	0,33	0,07	0,38	0,07	201,63	13,14	59,50	53,49	0,22	0,03	0,69	0,07	2009
			2	250	1,99	0,34	0,38	0,05	0,27	0,04	0,35	0,07	206,38	25,47	92,00	79,77	0,25	0,04	0,98	0,09	
			3	330	2,52	0,45	0,31	0,09	0,25	0,05	0,45	0,16	221,13	21,58	88,13	25,38	0,21	0,06	0,92	0,10	
			4	315	2,06	0,55	0,37	0,05	0,30	0,07	0,43	0,27	209,63	29,90	58,25	31,49	0,20	0,04	1,03	0,07	
<i>Gardenia aubreyii</i>			1	240	0,75	0,24	0,38	0,06	0,19	0,07	0,32	0,11	217,00	37,39	835,63	478,65	0,19	0,02	0,71	0,11	2007
			1	240	0,77	0,28	0,31	0,06	0,14	0,05	0,38	0,19	241,25	33,80	769,63	432,56	0,12	0,03	0,81	0,06	
			1	240	0,59	0,26	0,32	0,14	0,16	0,07	0,32	0,14	213,13	76,58	625,00	474,36	0,14	0,05	0,83	0,09	
			1	240	0,77	0,30	0,25	0,03	0,17	0,03	0,44	0,15	248,38	36,21	656,75	348,60	0,17	0,04	0,96	0,06	
	<i>Guettarda eximia</i>		2	250	0,46	0,08	0,09	0,04	0,06	0,03	0,51	0,08	320,13	36,68	878,88	360,19	0,19	0,06	1,01	0,10	2007
			2	250	0,54	0,08	0,09	0,02	0,05	0,03	0,42	0,06	284,50	20,70	1312,75	402,11	0,19	0,03	1,02	0,05	
			2	250	0,62	0,20	0,07	0,01	0,06	0,01	0,52	0,12	374,38	53,07	1876,50	913,79	0,24	0,03	1,33	0,11	
			2	250	0,76	0,36	0,09	0,06	0,04	0,01	0,49	0,12	334,75	46,89	1590,38	588,46	0,25	0,06	1,30	0,15	
		<i>Meryta coriacea</i>	1	240	1,07	0,21	0,33	0,06	0,53	0,08	0,91	0,18	280,50	26,10	45,75	10,66	0,19	0,03	1,15	0,09	2007
			2	250	1,06	0,23	0,40	0,08	0,46	0,05	1,00	0,14	288,50	30,68	83,38	67,56	0,15	0,02	1,12	0,08	
			3	330	2,45	0,19	0,35	0,07	0,26	0,03	0,36	0,06	219,50	13,70	83,00	22,61	0,22	0,03	0,81	0,06	
			4	315	1,04	0,07	0,39	0,03	0,51	0,08	0,93	0,18	274,75	43,15	27,50	11,20	0,11	0,03	1,04	0,07	
<i>Pandanus sp.</i>			1	240	0,93	0,17	0,34	0,07	0,52	0,05	0,95	0,22	280,75	24,56	60,13	29,86	0,18	0,05	1,15	0,09	2008
			2	250	0,96	0,14	0,36	0,07	0,44	0,05	0,78	0,14	241,50	14,19	50,38	22,90	0,12	0,04	1,06	0,05	
			3	330	0,98	0,07	0,34	0,04	0,44	0,10	1,10	0,20	294,25	27,08	35,00	13,52	0,16	0,02	1,15	0,10	
			4	315	1,00	0,20	0,37	0,03	0,47	0,09	0,98	0,17	255,50	27,12	14,25	3,28	0,14	0,01	0,99	0,12	
	<i>Pandanus sp.</i>		1	240	1,26	0,22	0,38	0,07	0,43	0,05	0,88	0,11	264,88	22,15	27,38	14,27	0,15	0,01	1,15	0,16	2009
			2	250	1,28	0,22	0,30	0,05	0,42	0,04	0,85	0,24	268,00	32,38	56,00	17,13	0,17	0,02	1,42	0,13	
			3	330	1,25	0,10	0,37	0,06	0,45	0,09	1,05	0,10	260,75	23,58	29,38	7,74	0,16	0,01	1,56	0,20	
			4	315	0,99	0,11	0,43	0,11	0,55	0,11	0,91	0,11	241,13	0,11	29,38	0,11	0,16	0,11	0,69	0,11	
		<i>Pandanus sp.</i>	1	240	1,16	0,18	0,38	0,08	0,36	0,07	0,69	0,21	284,38	30,59	29,50	17,45	0,15	0,02	1,35	0,08	2010
			2	250	0,89	0,16	0,31	0,07	0,33	0,03	0,87	0,21	266,13	18,83	52,13	18,39	0,14	0,02	1,28	0,13	
			3	330	0,97	0,11	0,30	0,04	0,34	0,05	0,99	0,10	284,25	32,07	31,75	9,00	0,14	0,02	1,31	0,09	
			4	315	1,09	0,56	0,38	0,09	0,33	0,05	0,78	0,30	257,50	33,66	63,25	106,88	0,17	0,04	1,25	0,10	
<i>Pandanus sp.</i>			1	240	0,34	0,07	0,30	0,06	0,22	0,10	0,88	0,10	282,13	26,22	68,50	39,12	0,13	0,01	1,47	0,11	2007
			3	330	0,37	0,09	0,23	0,09	0,15	0,09	0,88	0,09	242,00	0,09	46,00	0,09	0,15	0,09	1,42	0,09	
			4	315	0,54	0,12	0,32	0,04	0,17	0,09	0,82	0,08	256,25	19,99	48,75	25,10	0,13	0,05	1,44	0,14	
			1	240	0,35	0,14	0,30	0,09	0,20	0,06	0,87	0,11	302,75	14,46	87,75	57,42	0,15	0,02	1,66	0,05	
	<i>Pandanus sp.</i>		3	330	0,44	0,14	0,25	0,04	0,17	0,04	0,99	0,21	292,13	22,24	48,75	22,97	0,18	0,02	1,69	0,10	2008
			4	315	0,46	0,15	0,27	0,05	0,15	0,06	1,02	0,20	284,63	15,04	37,50	25,61	0,20	0,04	1,54	0,10	
			1	240	0,63	0,12	0,29	0,06	0,21	0,06	0,97	0,17	320,13	43,55	65,88	48,71	0,15	0,02	2,14	0,17	
			3	330	0,67	0,14	0,25	0,05	0,13	0,04	1,06	0,18	309,63	38,54	39,50	14,01	0,16	0,02	2,27	0,14	
		<i>Pandanus sp.</i>	4	315	0,56	0,20	0,30	0,03	0,23	0,06	0,90	0,11	275,25	31,70	56,00	39,09	0,16	0,01	1,25	0,10	2009
			1	240	0,48	0,14	0,29	0,09	0,11	0,05	0,76	0,13	303,63	42,03	25,50	7,76	0,13	0,01	1,86	0,13	
			3	330	0,46	0,12	0,24	0,08	0,11	0,05	0,91	0,27	298,13	47,52	41,00	28,76	0,15	0,03	1,68	0,08	
			4	315	0,42	0,11	0,29	0,07	0,14	0,07	0,86	0,16	305,25	24,32	92,38	67,48	0,17	0,02	1,78	0,10	
<i>Pandanus sp.</i>			1	240	1,77	0,47	0,36	0,11	0,77	0,06	0,46	0,10	186,13	16,37	242,63	161,97	0,23	0,10	0,65	0,05	2007
			2	250	1,97	0,42	0,36	0,11	0,73	0,42	0,43	0,42	186,75	0,42	195,25	0,42	0,22	0,42	0,66	0,42	
			3	330	1,03	0,09	0,36	0,09	0,42	0,09	0,99	0,09	263,13	0,09	30,13	0,09	0,15	0,09	1,08	0,09	
			4	315	1,63	0,30	0,45	0,07	0,80	0,13	0,62	0,06	209,75	16,01	70,88	30,91	0,17	0,03	1,42	2,06	
	<i>Pandanus sp.</i>		1	240	1,65	0,66	0,40	0,14	0,79	0,24	0,38	0,13	173,50	16,38	155,00	113,12	0,18	0,05	0,70	0,08	2008
			2	250	1,70	0,51	0,42	0,11	0,54	0,15	0,40	0,20	176,63	22,17	108,75	68,03	0,17	0,04	0,69	0,05	
			3	330	2,35	0,49	0,41	0,14	1,30	0,14	0,35	0,08	201,75	13,29	127,88	46,54	0,22	0,06	0,73	0,05	
			4	315	1,75	0,20	0,43	0,09	0,85	0,13	0,52	0,17	187,38	22,02	74,63	29,57	0,23	0,05	0,69	0,12	
		<i>Pandanus sp.</i>	1	240	1,97	0,50	0,41	0,16	0,65	0,07	0,60	0,19	196,00	20,25	155,25	148,75	0,21	0,08	0,74	0,09	2009
			2	250	2,00	0,51	0,43	0,12	0,54	0,12	0,54	0,24	167,63	18,45	186,13	110,27	0,20	0,07	0,78	0,11	
			3	330	2,13	0,48	0,39	0,06	0,70	0,19	0,48	0,15	172,88	13,21	117,75	32,86	0,17	0,06	0,83	0,08	
			4	315	1,81	0,26	0,43	0,09	0,82	0,09	0,64	0,19	180,13	10,43	69,25	19,34	0,18	0,03	0,56	0,08	
<i>Pandanus sp.</i>			1	240	1,26	0,73	0,40	0,12	0,71	0,16	0,53</										

Caractéristiques chimiques des végétaux communs sur le Pic du Pin en 2009 et 2011

Espèce	Parcelle	Altitude (m)	Ca %		Mg %		Na %		K %		P (ppm)		Mn (ppm)		S %		N %		Année
			Moyenne n=8	Ecartype n=8															
<i>Alstonia sp. (Apocynaceae)</i>	2	313	1,67	0,18	0,56	0,03	0,39	0,11	1,18	0,30	486,88	36,05	193,25	83,98	0,29	0,03	2,39	0,17	2009
			1,28	0,32	0,53	0,13	0,44	0,08	1,37	0,22	465,50	75,31	253,63	330,21	0,36	0,20	2,53	0,27	2011
<i>Calophyllum caledonicum (Guttiferae)</i>	2	313	0,45	0,06	0,14	0,03	0,11	0,03	0,46	0,04	230,00	15,69	73,63	20,37	0,12	0,02	0,68	0,04	2009
			0,51	0,14	0,12	0,02	0,16	0,04	0,41	0,07	190,50	16,51	84,38	31,25	0,13	0,04	0,72	0,06	2011
<i>Codia jaffrei (Cunoniaceae)</i>	1	299	0,61	0,20	0,39	0,05	0,14	0,03	0,23	0,04	209,38	16,59	556,25	146,28	0,16	0,03	0,67	0,07	2009
			0,43	0,09	0,36	0,08	0,18	0,07	0,31	0,12	248,13	51,74	508,13	124,69	0,15	0,03	0,79	0,08	2011
<i>Guetarda eximia (Rubiaceae)</i>	1	299	0,30	0,12	0,30	0,05	0,29	0,12	0,69	0,25	333,50	54,88	126,25	43,39	0,14	0,01	1,56	0,11	2009
	2	313	0,34	0,08	0,23	0,05	0,33	0,16	0,72	0,25	290,88	14,29	126,75	33,25	0,13	0,02	1,51	0,08	2009
	1	299	0,36	0,14	0,30	0,05	0,24	0,09	0,61	0,15	298,88	21,92	146,75	68,24	0,14	0,02	1,69	0,12	2011
	2	313	0,51	0,20	0,23	0,05	0,34	0,14	0,72	0,16	279,88	40,77	140,75	50,53	0,14	0,02	1,64	0,09	2011
<i>Meryta coriacea (Araliaceae)</i>	1	299	1,01	0,24	0,40	0,13	1,01	0,12	0,45	0,15	223,13	21,27	338,75	123,80	0,16	0,04	0,68	0,09	2009
	2	313	1,61	0,40	0,34	0,06	1,09	0,09	0,49	0,23	217,50	10,10	221,25	94,41	0,12	0,01	0,58	0,19	2009
	1	299	1,48	0,54	0,42	0,17	0,70	0,16	0,28	0,07	188,75	22,66	221,50	86,22	0,13	0,04	0,72	0,08	2011
	2	313	1,60	0,65	0,30	0,06	0,91	0,18	0,37	0,11	195,25	20,68	204,88	79,47	0,12	0,02	0,70	0,08	2011
<i>Myodocarpus fraxinifolius (Araliaceae)</i>	1	299	0,75	0,13	0,27	0,04	0,66	0,08	0,69	0,15	337,38	34,61	146,13	40,90	0,15	0,01	1,09	0,06	2009
			0,65	0,09	0,25	0,08	0,50	0,09	0,65	0,13	260,13	28,49	109,25	48,37	0,12	0,01	0,99	0,06	2011
<i>Pandanus sp. (Pandanaeae)</i>	1	299	0,94	0,19	0,23	0,05	0,21	0,17	0,68	0,30	221,50	22,72	360,50	349,01	0,14	0,02	0,70	0,07	2009
	2	313	1,17	0,26	0,23	0,03	0,22	0,14	0,49	0,23	224,25	41,73	559,38	371,38	0,11	0,01	0,66	0,09	2009
	1	299	1,04	0,27	0,19	0,04	0,24	0,15	0,54	0,20	211,38	30,73	652,75	679,17	0,14	0,04	0,76	0,05	2011
	2	313	1,11	0,26	0,22	0,03	0,15	0,08	0,67	0,42	254,38	40,22	612,63	393,69	0,12	0,02	0,82	0,16	2011

Tableau 10 : Teneur foliaire des espèces communes - Pic du Pin (2009)

L'analyse foliaire des espèces communes des parcelles du Pic du Pin montre plusieurs tendances :

- Toutes les espèces possèdent des teneurs en Calcium (Ca) supérieures aux concentrations de Magnésium (Mg).
- *Alstonia sp.* a des teneurs plus élevées en Azote (N), Soufre (S) et Potasse (K) que les autres espèces sur les mêmes parcelles.
- *Codia jaffrei* a des teneurs plus élevées en Manganèse (Mn) que les autres espèces sur les mêmes parcelles.
- *Meryta coriacea* contient la plus forte teneur en Calcium (Ca) par rapport aux autres espèces.

3.3 Analyse de variance (ANOVA) de la teneur en Azote (N-%) et Souffre (S-%) dans le sol, la litière et les espèces communes

ANOVA des teneurs en Azote total (N-%) et Soufre total (S-%) dans le sol de Forêt-Nord

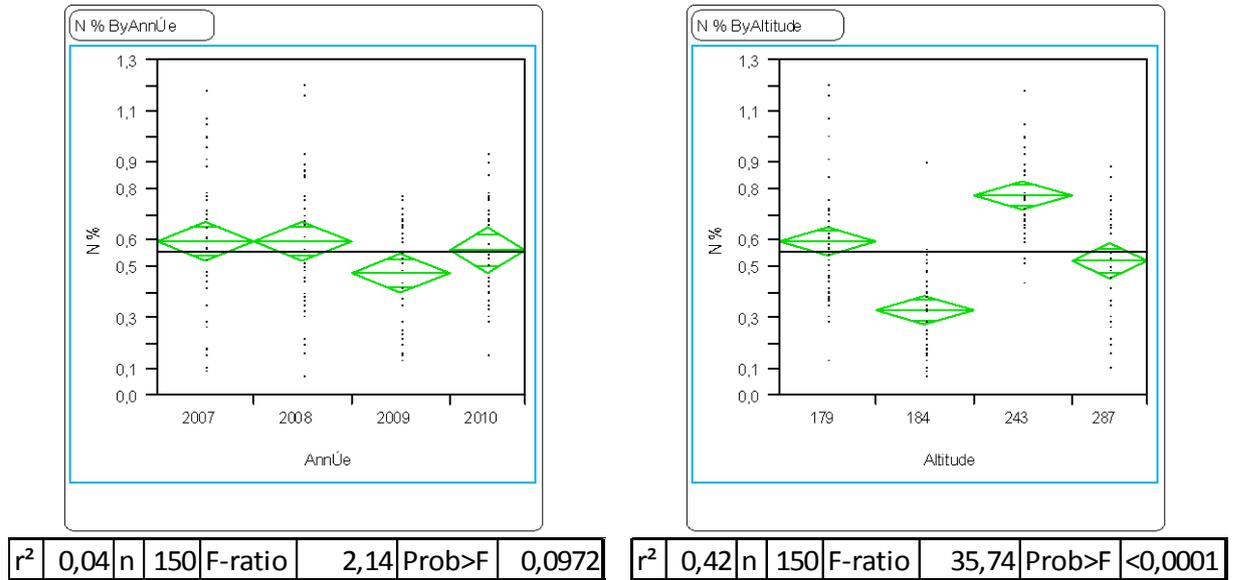


Figure 7 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des sols - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

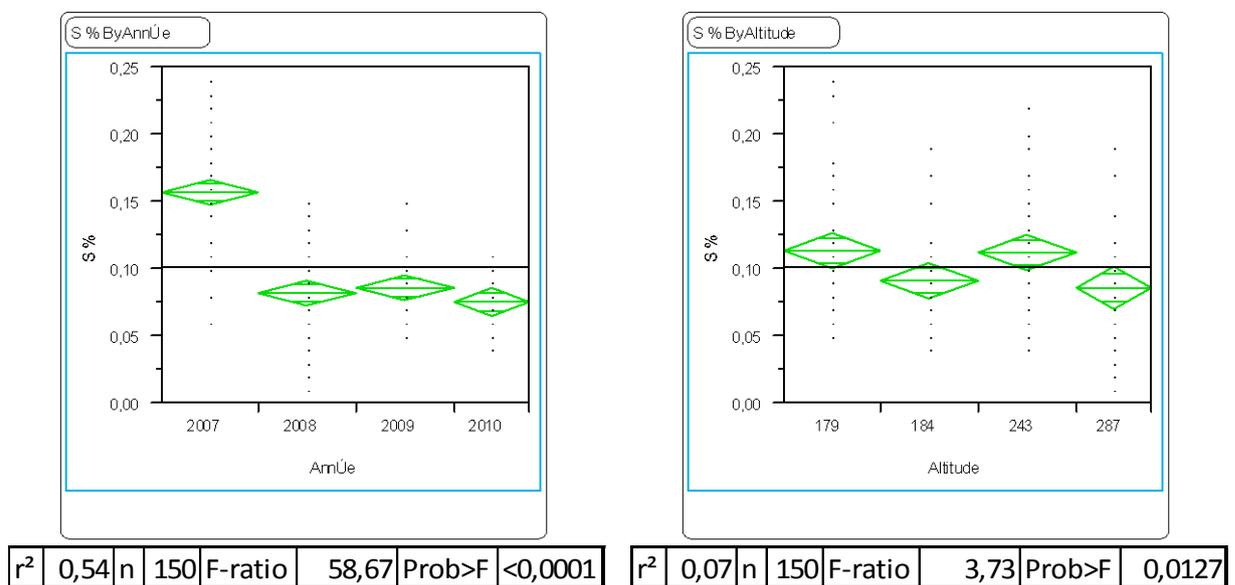
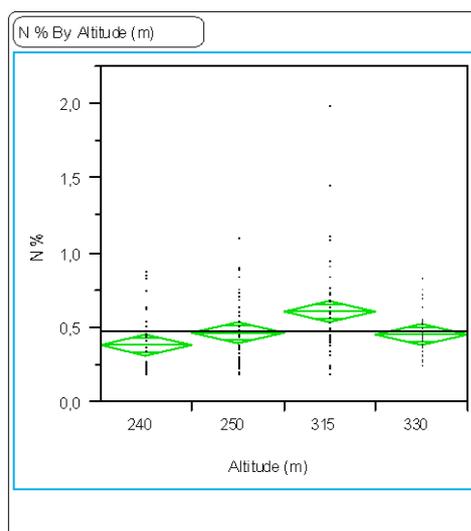
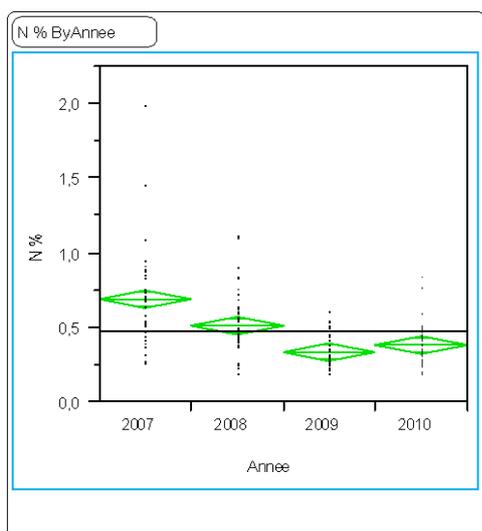


Figure 8 : ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des sols - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

L'analyse de variance effectuée sur la composition chimique des sols de Forêt-Nord prélevés sur les parcelles permanentes de 2007 à 2010 montre plusieurs tendances :

- Les teneurs en S, montrent une diminution significative de 2007 à 2010.
- Les teneurs en N et S varient de manière significative entre les parcelles se trouvant à des altitudes différentes.

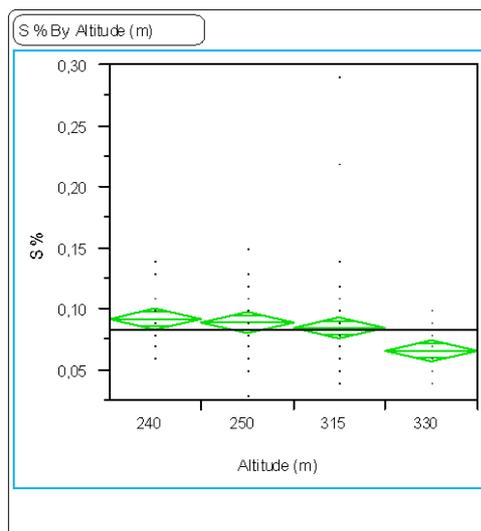
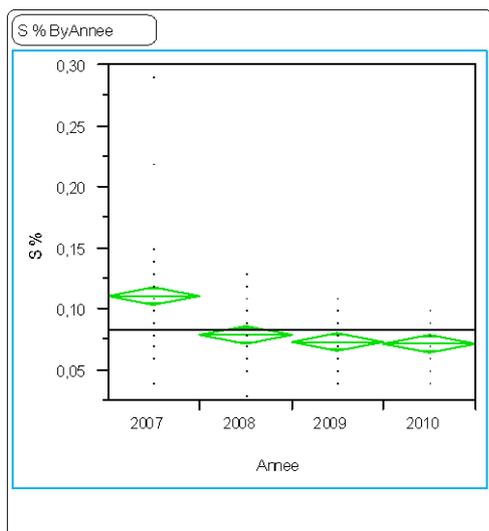
ANOVA des teneurs en Azote total (N-%) et Soufre total (S-%) dans les sols des parcelles du Pic du Grand Kaori



r^2	0,29	n	160	F-ratio	22,07	Prob>F	<0,0001
-------	------	---	-----	---------	-------	--------	---------

r^2	0,09	n	160	F-ratio	5,369	Prob>F	0,0015
-------	------	---	-----	---------	-------	--------	--------

Figure 9 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des sols - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)



r^2	0,26	n	160	F-ratio	18,37	Prob>F	<0,0001
-------	------	---	-----	---------	-------	--------	---------

r^2	0,1	n	160	F-ratio	6,09	Prob>F	0,0006
-------	-----	---	-----	---------	------	--------	--------

Figure 10 : ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des sols - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

L'analyse de variance effectuée sur la composition chimique des sols du Pic du Grand Kaori prélevés sur les parcelles permanentes de 2007 à 2010 montre plusieurs tendances :

- Les teneurs en N, et S, montrent une diminution significative de 2007 à 2010.
- Les teneurs en N varient de manière significative entre les parcelles se trouvant à des altitudes différentes.
- La teneur en S diminue de manière significative avec l'augmentation en altitude.

ANOVA des teneurs en Azote total (N- %) et Soufre total (S -%) dans les sols des parcelles du Pic du Pin

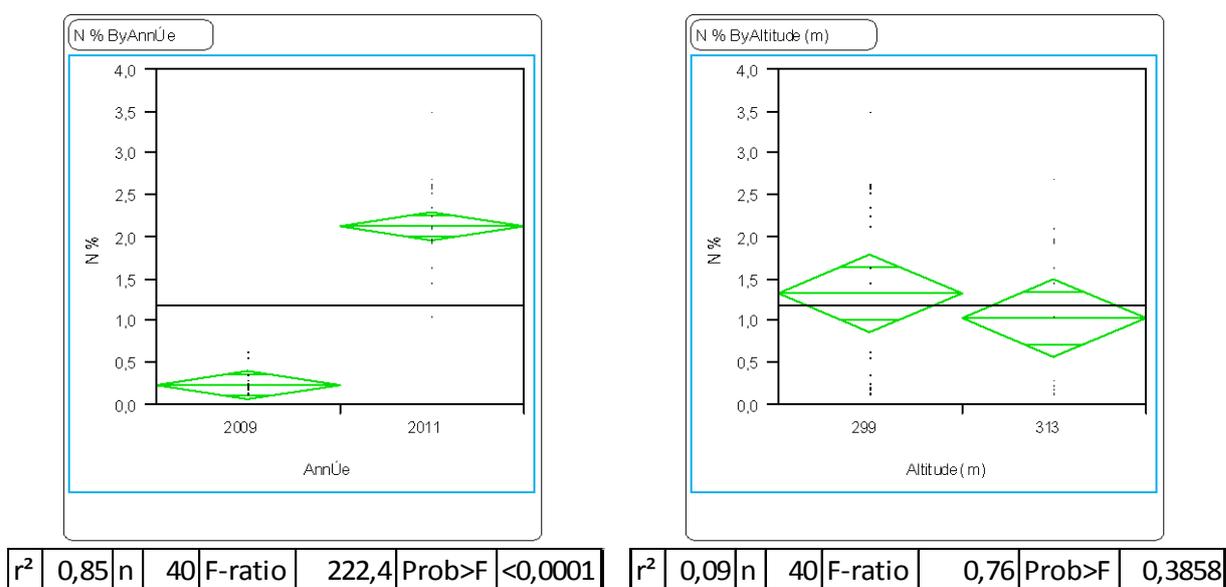


Figure 11 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des sols - Pic du Pin selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

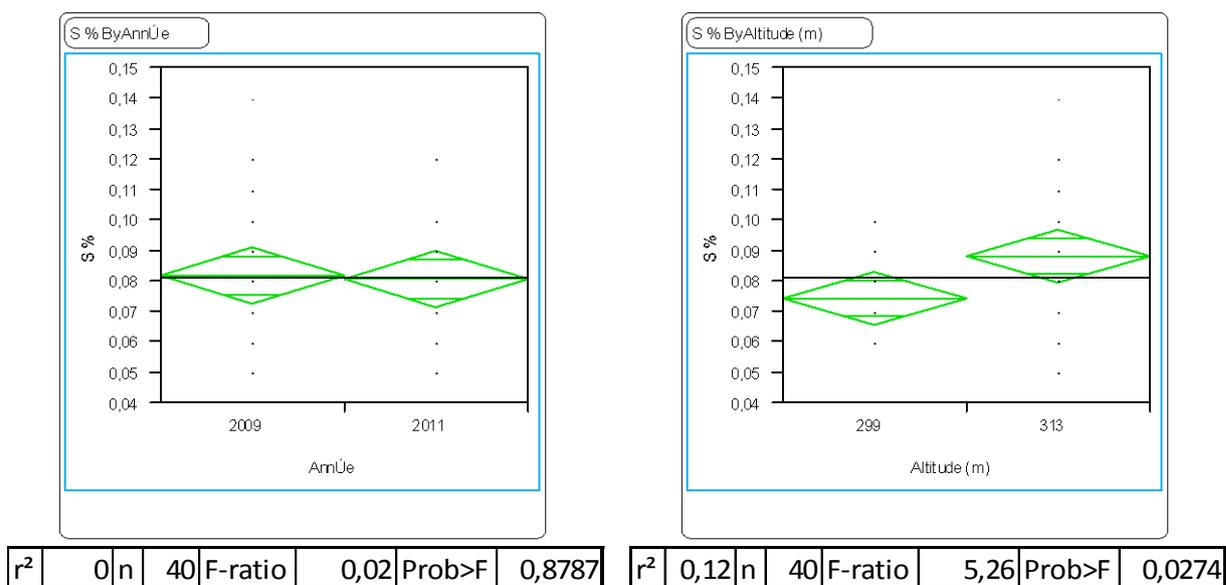
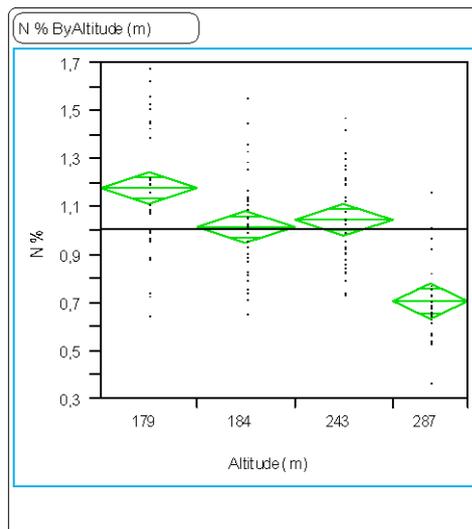
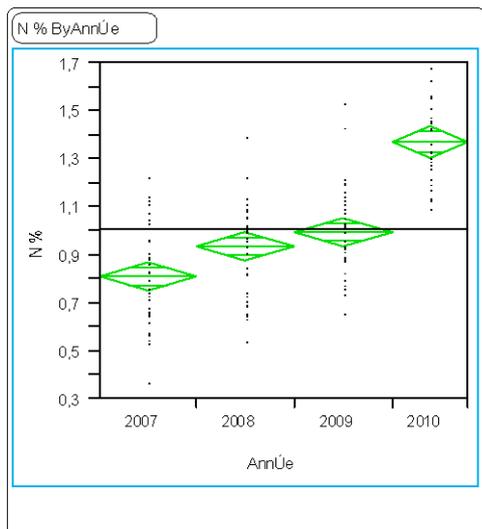


Figure 12 : ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des sols - Pic du Pin selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

L'analyse de variance effectuée sur la composition chimique des sols du Pic du Pin prélevés sur les parcelles permanentes de 2009 et 2011 montre plusieurs tendances :

- Les teneurs en N montrent une augmentation significative de 2009 et 2011.
- Les teneurs en S ne varient de pas manière significative entre les parcelles se trouvant à des altitudes différentes et entre les années.

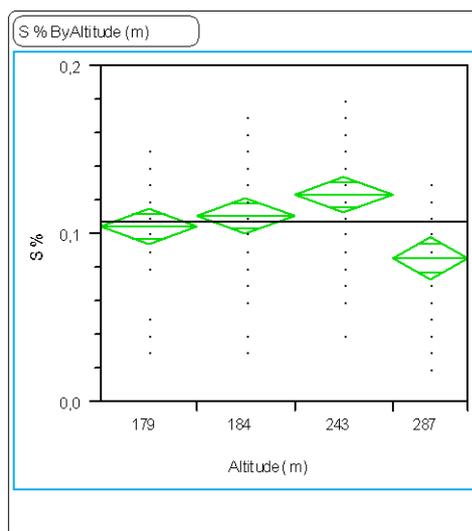
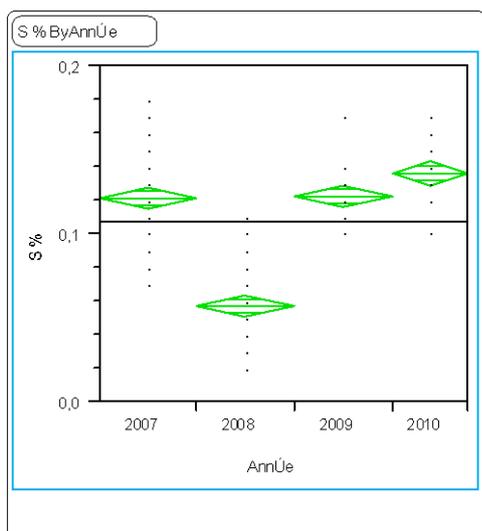
ANOVA des teneurs en Azote total (N- %) et Soufre total (S -%) dans la litière des parcelles de Forêt-Nord



r^2	0,51	n	150	F-ratio	51,96	Prob>F	<0,0001
-------	------	---	-----	---------	-------	--------	---------

r^2	0,37	n	150	F-ratio	28,78	Prob>F	<0,0001
-------	------	---	-----	---------	-------	--------	---------

Figure 13 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des litières - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)



r^2	0,69	n	150	F-ratio	113,55	Prob>F	<0,0001
-------	------	---	-----	---------	--------	--------	---------

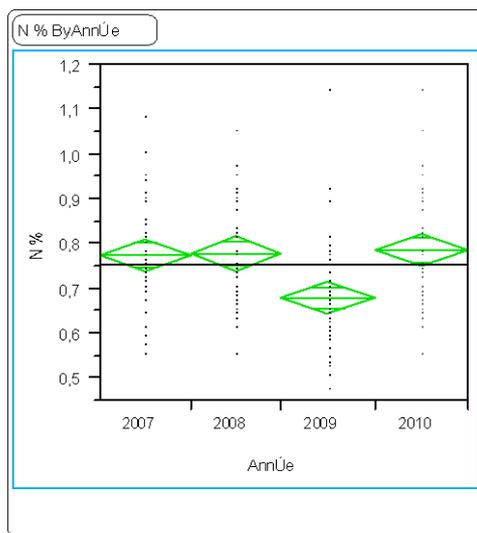
r^2	0,12	n	150	F-ratio	7,23	Prob>F	0,0001
-------	------	---	-----	---------	------	--------	--------

Figure 14 : ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des litières - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

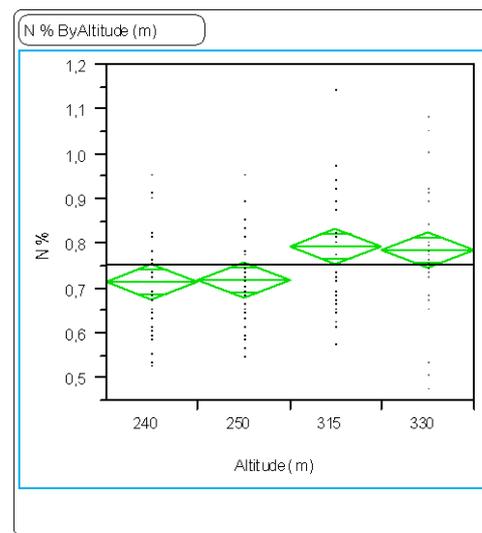
L'analyse de variance effectuée sur la composition chimique des litières de Forêt-Nord prélevées sur les parcelles permanentes de 2007 à 2010 montre plusieurs tendances :

- La teneur en N montre une augmentation significative de 2007 à 2010.
- Les teneurs en S varient de façon significative entre 2007 et 2010. Ces changements pourraient être considérés comme des variations cycliques.
- Les teneurs en N et S varient de manière significative entre les parcelles se trouvant à des altitudes différentes.

ANOVA des teneurs en Azote total (N- %) et Soufre total (S -%) dans la litière des parcelles du Pic du Grand Kaori

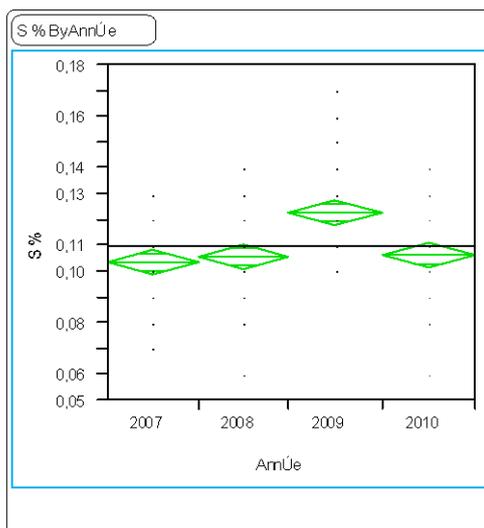


r^2	0,11	n	160	F-ratio	6,41	Prob>F	0,0004
-------	------	---	-----	---------	------	--------	--------

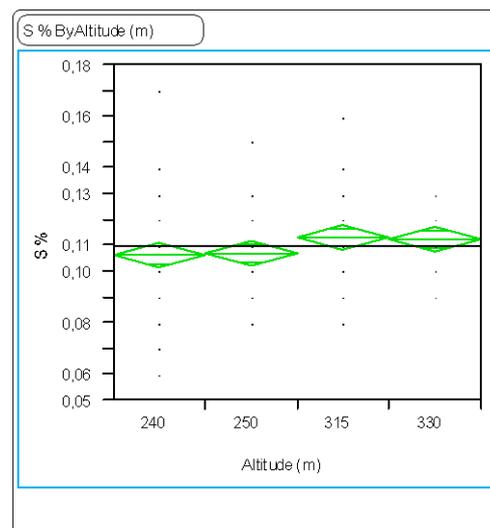


r^2	0,07	n	160	F-ratio	4,32	Prob>F	0,0058
-------	------	---	-----	---------	------	--------	--------

Figure 15 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des litières - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)



r^2	0,19	n	160	F-ratio	12,38	Prob>F	<0,0001
-------	------	---	-----	---------	-------	--------	---------



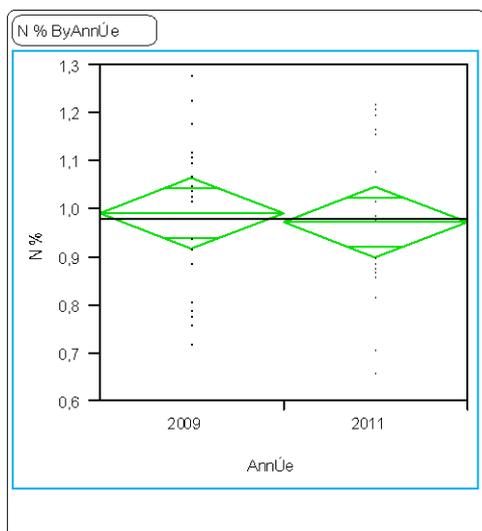
r^2	0,02	n	160	F-ratio	1,54	Prob>F	0,2053
-------	------	---	-----	---------	------	--------	--------

Figure 16 : ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des litières - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

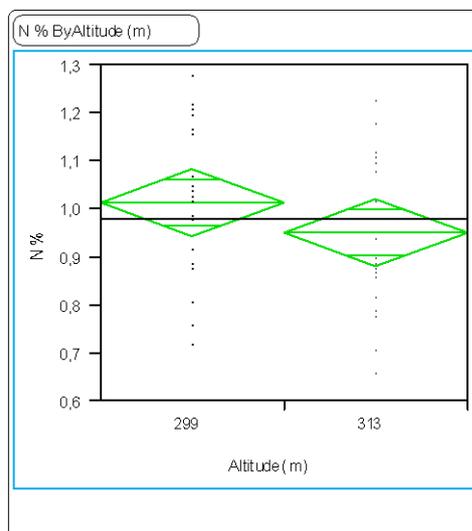
L'analyse de variance effectuée sur la composition chimique des litières du Pic du Grand Kaori prélevées sur les parcelles permanentes de 2007 à 2010 montre plusieurs tendances :

- Les teneurs en N et S montrent une variation significative de 2007 à 2010.
- Les teneurs en N varient de manière significative entre les parcelles selon l'altitude.

ANOVA des teneurs en Azote total (N-%) et Soufre total (S-%) dans la litière des parcelles du Pic du Pin

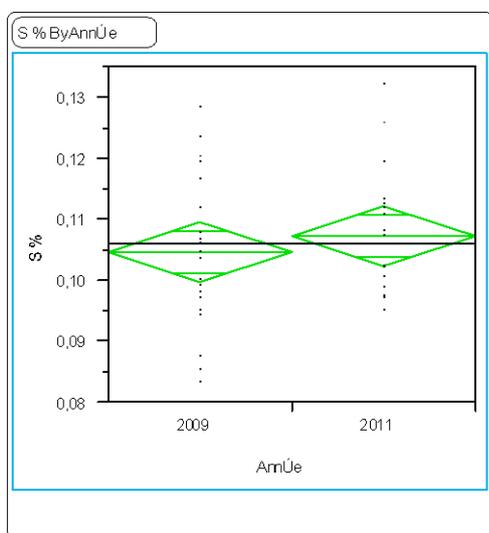


r ²	0	n	40	F-ratio	0,14	Prob>F	0,708
----------------	---	---	----	---------	------	--------	-------

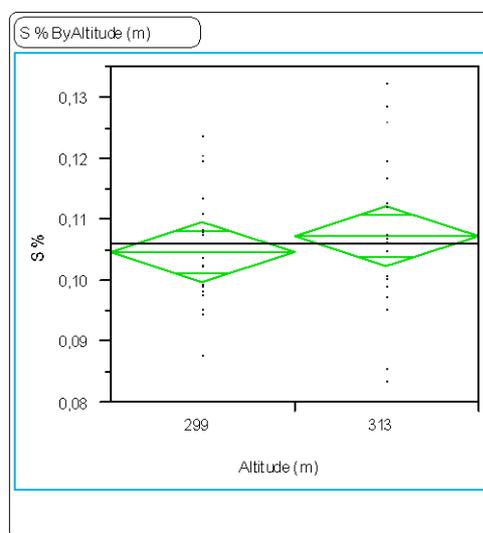


r ²	0	n	40	F-ratio	1,51	Prob>F	0,2259
----------------	---	---	----	---------	------	--------	--------

Figure 17 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des litières - Pic du Pin selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)



r ²	0,01	n	40	F-ratio	0,53	Prob>F	0,4691
----------------	------	---	----	---------	------	--------	--------



r ²	0,01	n	40	F-ratio	0,49	Prob>F	0,4854
----------------	------	---	----	---------	------	--------	--------

Figure 18 : ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des litières - Pic du Pin selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

L'analyse de variance effectuée sur la composition chimique des litières du Pic du Pin prélevées sur les parcelles permanentes en 2009 et 2011 ne montrent aucune variation significative dans les teneurs en N et S.

ANOVA des teneurs en Azote total (N-%) et Soufre total (S-%) dans les feuilles des espèces commun sur les parcelles de Forêt-Nord

***Meryta coriacea* (Araliaceae)**

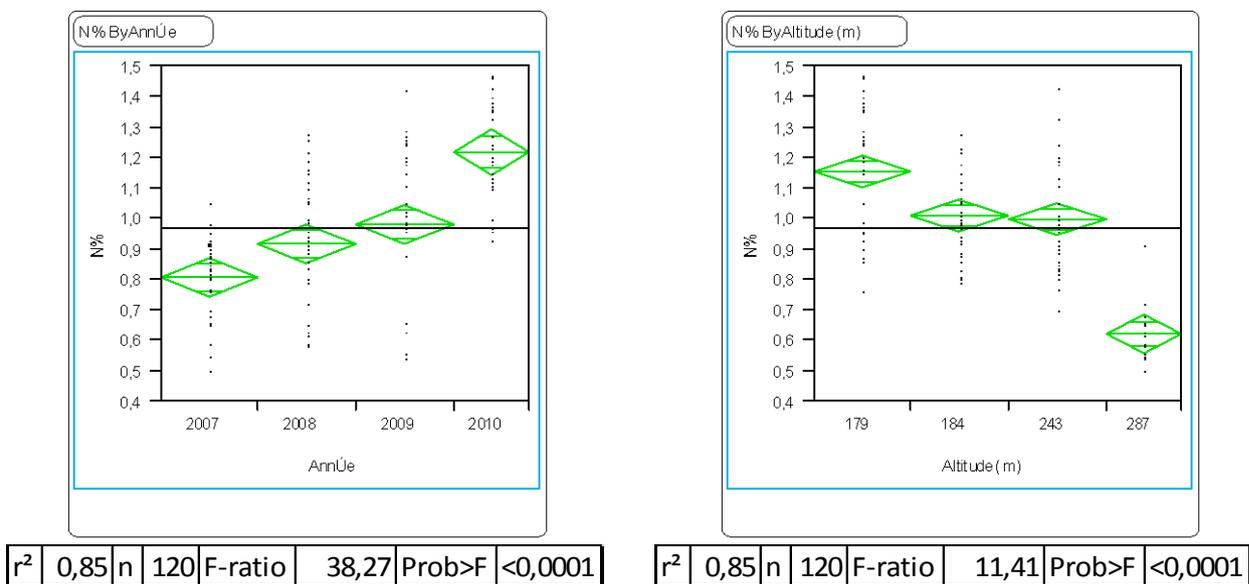


Figure 19 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de *Meryta coriacea* (Araliaceae) - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

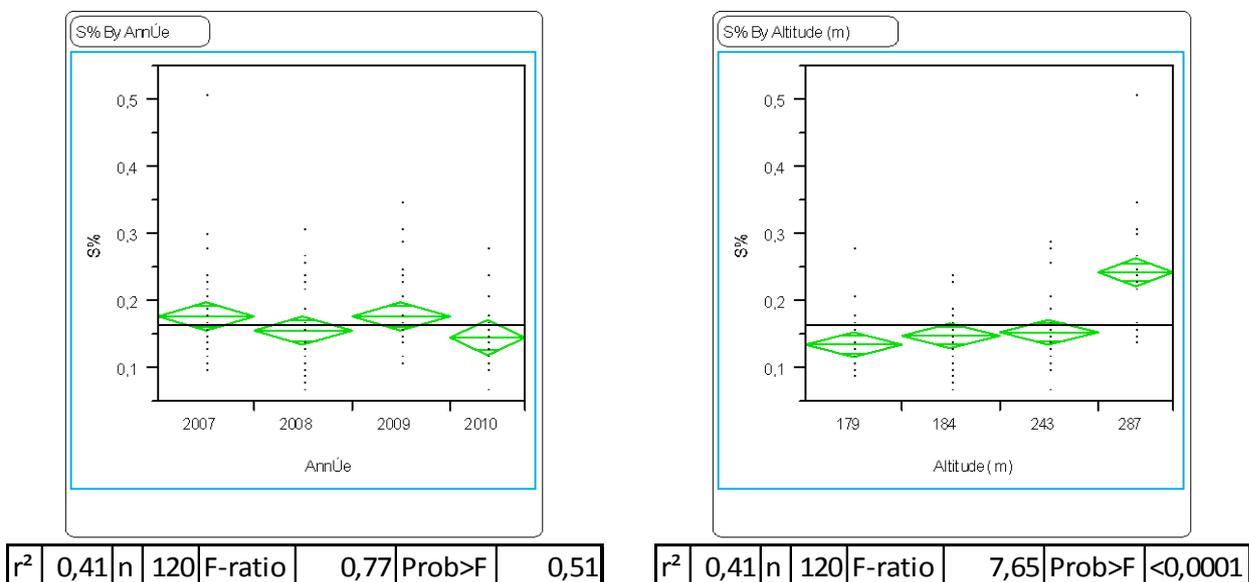
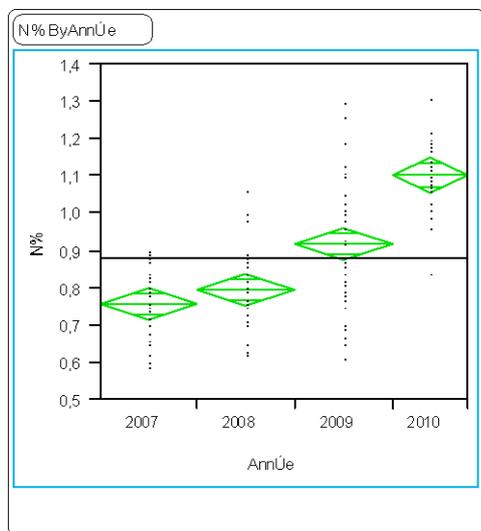
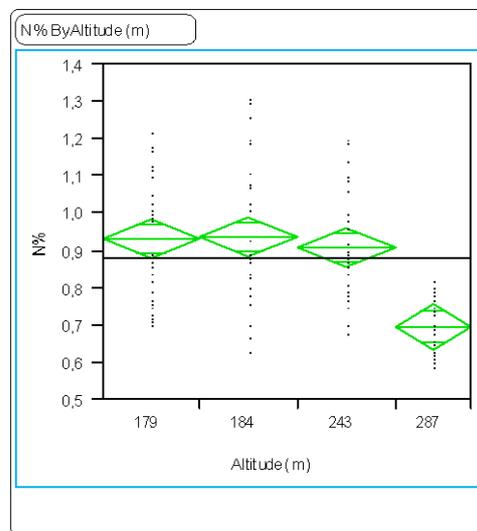


Figure 20 : ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des feuilles de *Meryta coriacea* (Araliaceae) - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

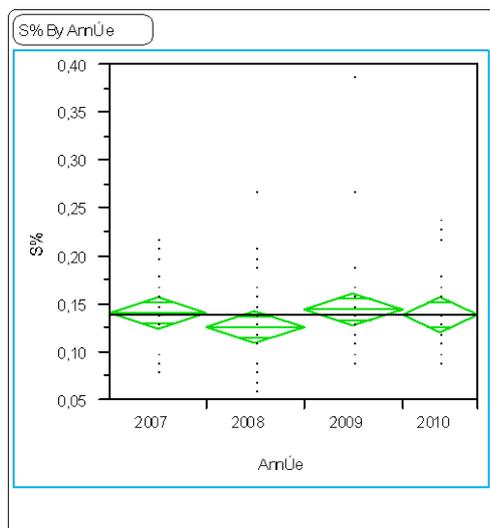
Pandanus sp. (Pandanaeae)


r^2	0,74	n	120	F-ratio	28,85	Prob>F	<0,0001
-------	------	---	-----	---------	-------	--------	---------

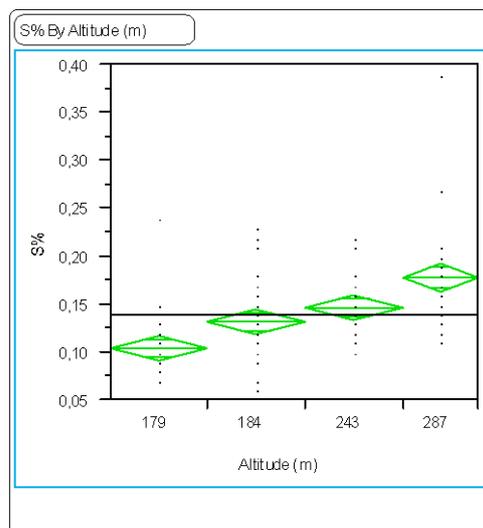


r^2	0,74	n	120	F-ratio	5,58	Prob>F	0,0014
-------	------	---	-----	---------	------	--------	--------

Figure 21 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de *Pandanus sp. (Pandanaeae)* - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)



r^2	0,4	n	120	F-ratio	1,77	Prob>F	0,15
-------	-----	---	-----	---------	------	--------	------



r^2	0,4	n	120	F-ratio	5,85	Prob>F	0,001
-------	-----	---	-----	---------	------	--------	-------

Figure 22 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de *Pandanus sp. (Pandanaeae)* - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

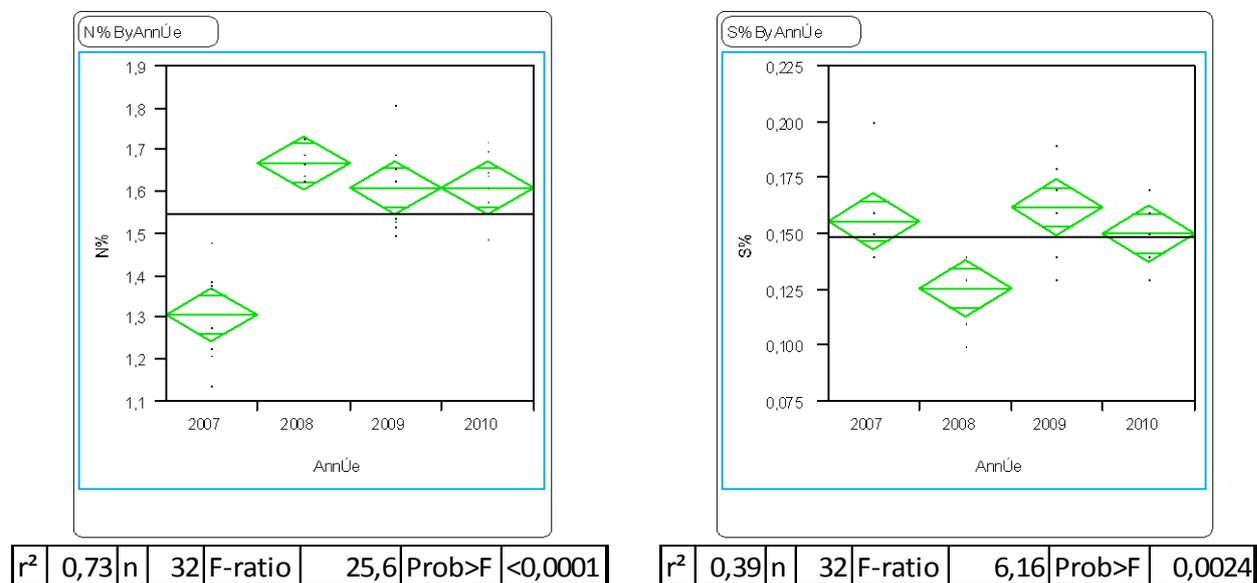
***Cleistanthus stipitatus* (Euphorbiaceae) Parcelle FN1**


Figure 23 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de *Cleistanthus stipitatus* (Euphorbiaceae) - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

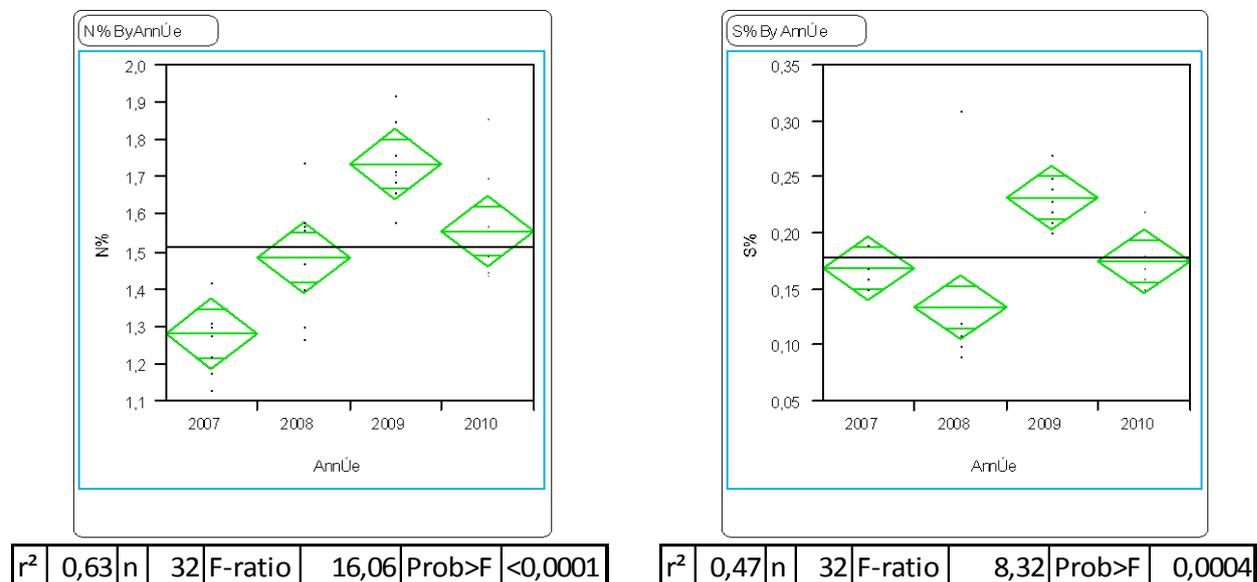
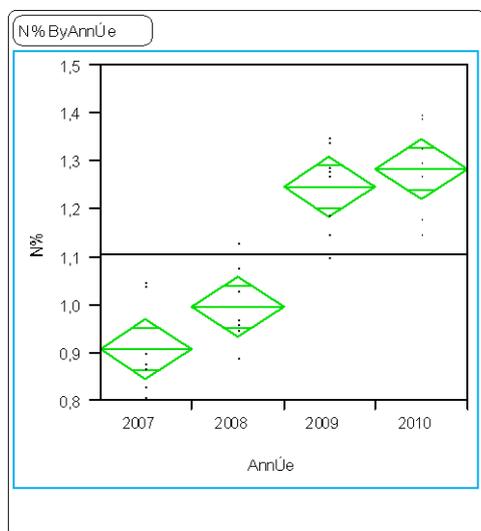
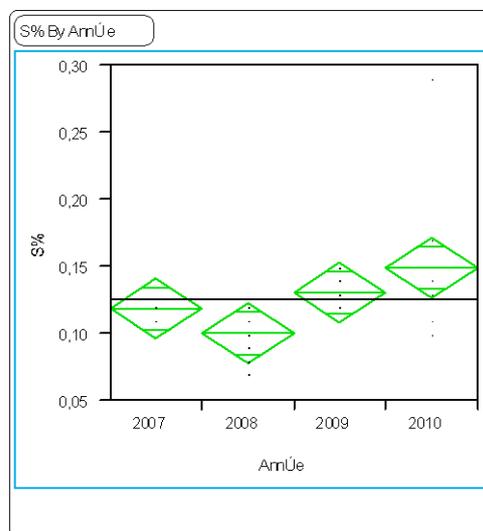
***Cupaniopsis macrocarpa* var *macrocarpa* (Sapindaceae) Parcelle FN1**


Figure 24 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Soufre total (S-%) des feuilles de *Cupaniopsis macrocarpa* var *macrocarpa* (Sapindaceae) - Forêt-Nord selon l'année.

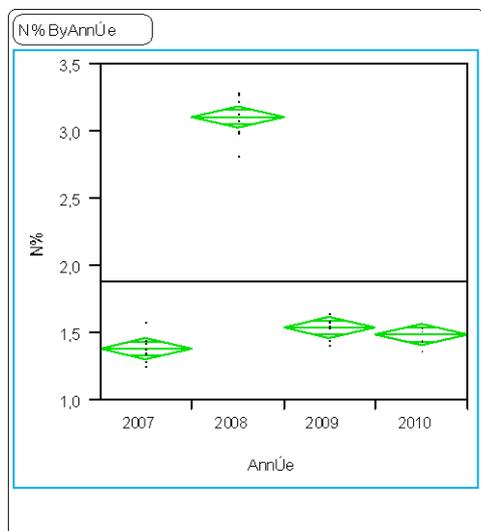
***Elaeocarpus speciosus* (Elaeocarpaceae) Parcelle FN4**


r^2	0,79	n	32	F-ratio	36,42	Prob>F	<0,0001
-------	------	---	----	---------	-------	--------	---------

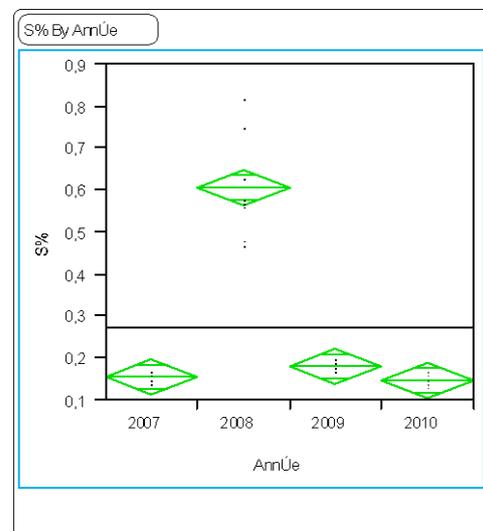


r^2	0,26	n	32	F-ratio	3,27	Prob>F	0,0356
-------	------	---	----	---------	------	--------	--------

Figure 25 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Soufre total (S-%) des feuilles de *Elaeocarpus speciosus* (Elaeocarpaceae) - Forêt-Nord selon l'année.

***Gardenia aubreyii* (Rubiaceae) Parcelle FN4**


r^2	0,97	n	32	F-ratio	439,78	Prob>F	<0,0001
-------	------	---	----	---------	--------	--------	---------



r^2	0,91	n	32	F-ratio	102,11	Prob>F	<0,0001
-------	------	---	----	---------	--------	--------	---------

Figure 26 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Soufre total (S-%) des feuilles de *Gardenia aubreyii* (Rubiaceae) - Forêt-Nord selon l'année.

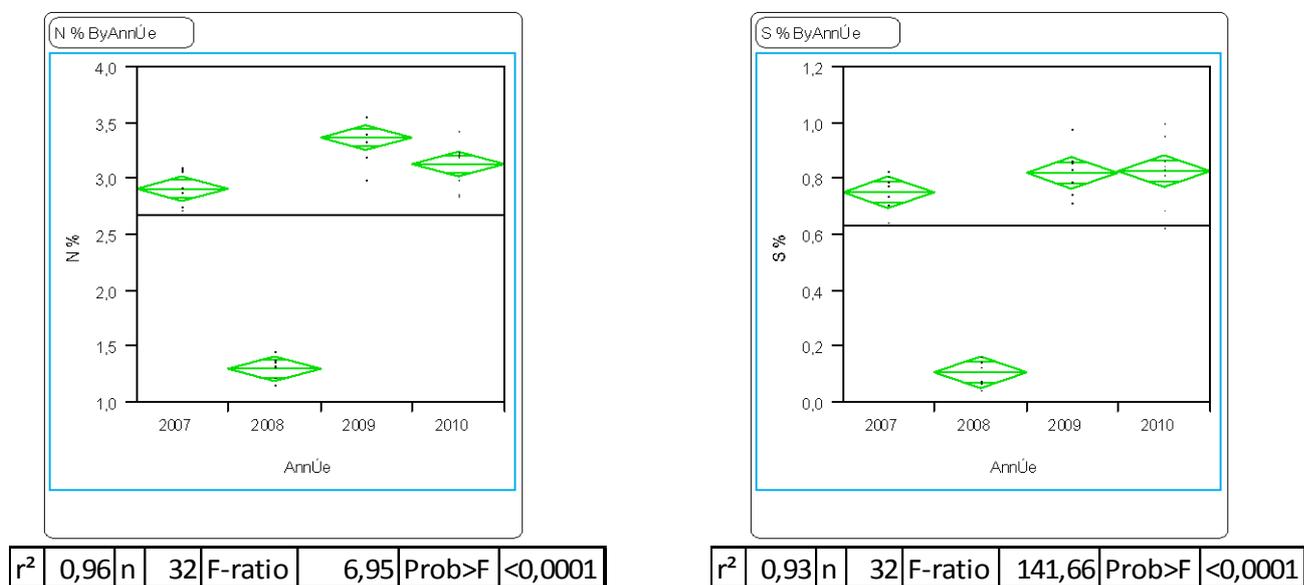
***Pagiantha cerifera* (Apocynaceae) Parcelle FN4**


Figure 27 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Souffre total (S-%) des feuilles de *Pagiantha cerifera* (Apocynaceae)-Forêt-Nord selon l'année.

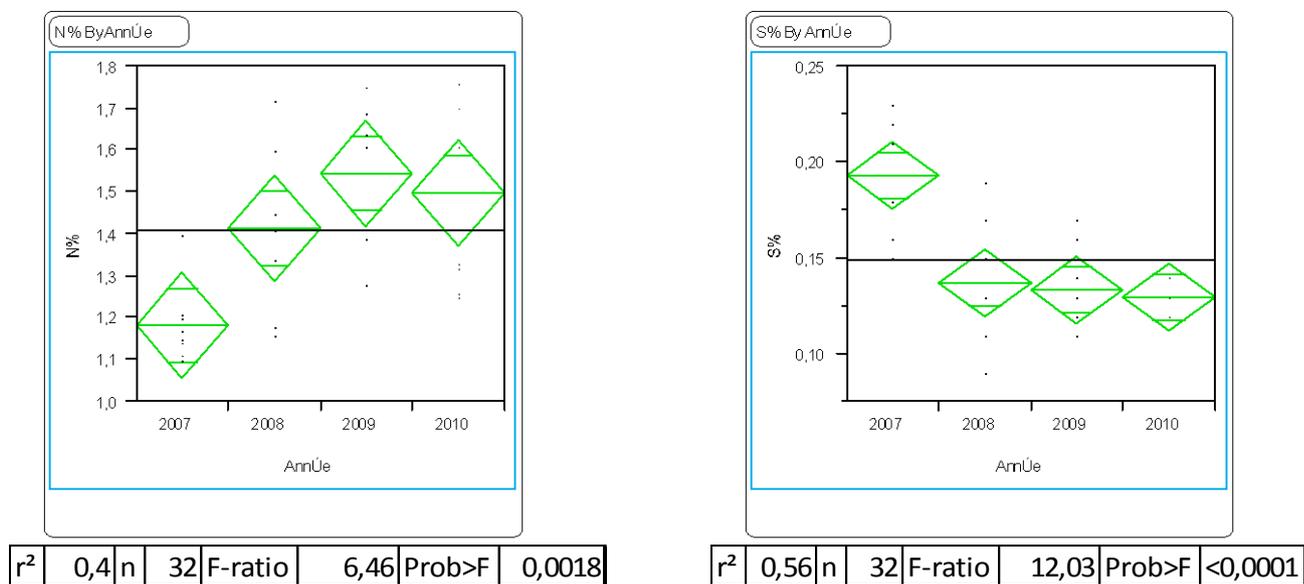
***Ficus neocaledonica* (Moraceae) Parcelle FN2**


Figure 28 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Souffre total (S-%) des feuilles de *Ficus neocaledonica* (Moraceae) -Forêt-Nord selon l'année.

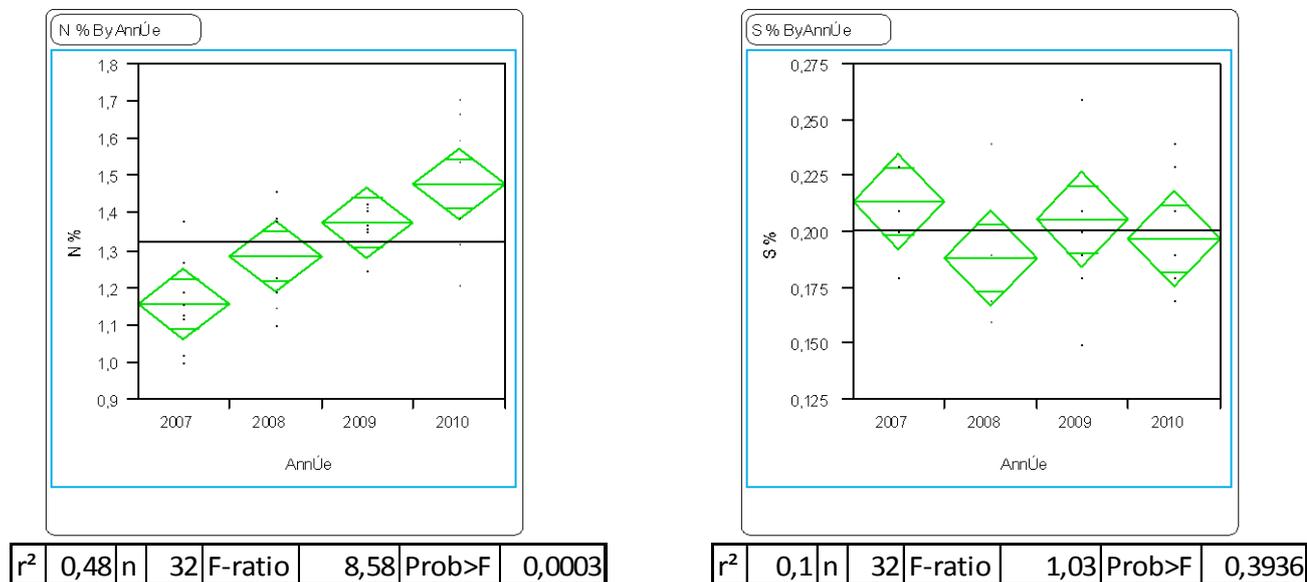
Macaranga alchorneoides (Euphorbiaceae) Parcelle FN2


Figure 29 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Souffre total (S-%) des feuilles de *Macaranga alchorneoides* (Euphorbiaceae - Forêt-Nord selon l'année).

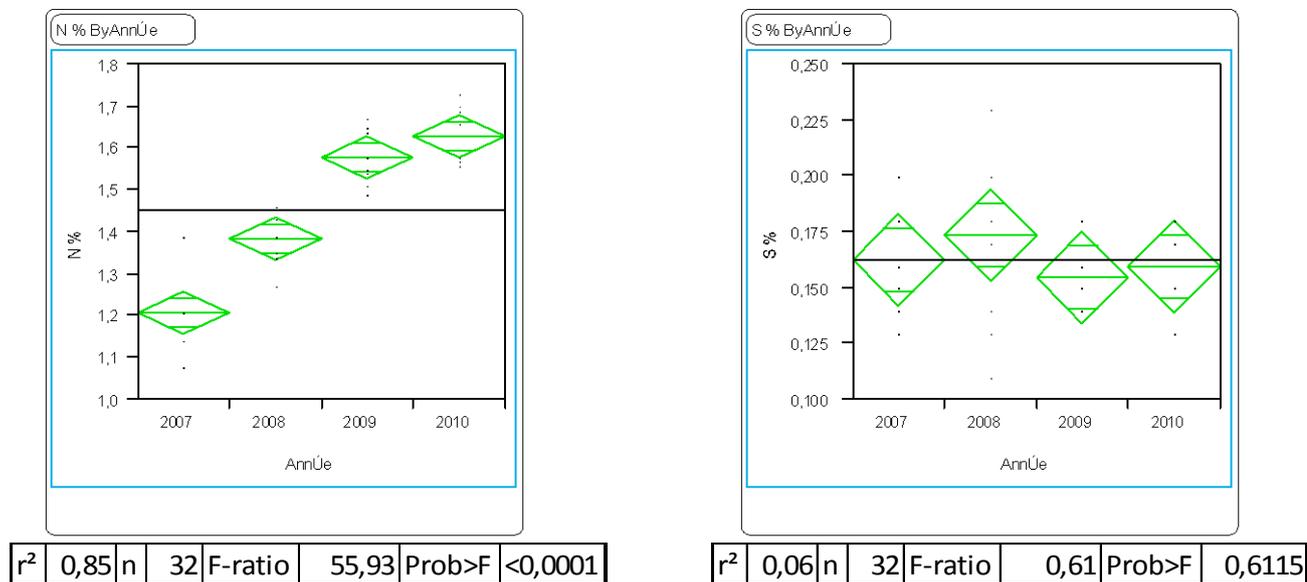
Xylopia veillardii (Annonaceae) Parcelle FN2


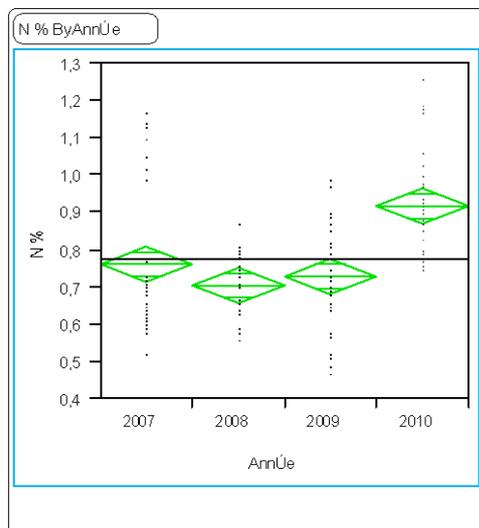
Figure 30 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Souffre total (S-%) des feuilles de *Xylopia veillardii* (Annonaceae) - Forêt-Nord selon l'année.

L'analyse de variance effectuée sur la composition chimique des feuilles de *des espèces communes* prélevées sur les parcelles permanentes en 2007, 2008, 2009 et 2010 en Forêt-Nord montrent plusieurs tendances :

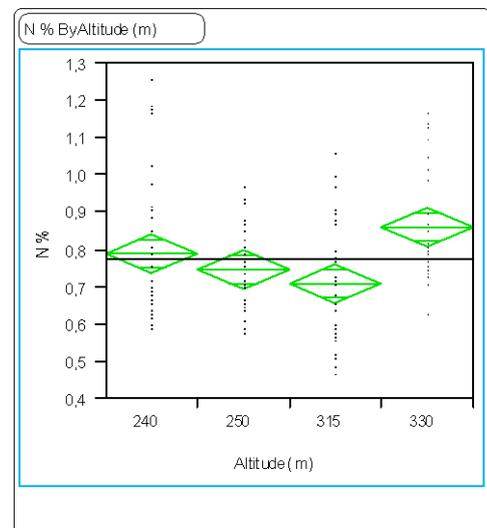
- La teneur en N dans les feuilles de *Meryta*, *Pandanus*, *Cleistanthus*, *Elaeocarpus*, *Ficus*, *Macaranga* et *Xylopia* ont montré une augmentation significative de 2007 à 2010.
- La teneur en S dans les feuilles de *Cleistanthus*, *Cupaniopsis*, *Elaeocarpus*, *Gardenia*, *Pagiantha* et *Ficus* ont montré des variations significatives de 2007 à 2010 aléatoires avec l'année du prélèvement.
- Les teneurs en N des feuilles de *Meryta* montrent des différences significatives entre les parcelles selon l'altitude avec les parcelles du bas contenant une plus faible teneur que les parcelles du haut.
- Les teneurs en N des feuilles de *Pandanus* montrent des différences significatives entre les parcelles selon l'altitude avec les parcelles du bas contenant une plus forte teneur que les parcelles du haut.
- Les teneurs en S des feuilles de *Meryta* et *Pandanus* montrent des différences significatives entre les parcelles selon l'altitude avec les parcelles du bas contenant une plus faible teneur que les parcelles du haut.

ANOVA des éléments dans les feuilles des espèces commun sur les parcelles du Pic du Grand Kaori

Meryta coriacea (Araliaceae)

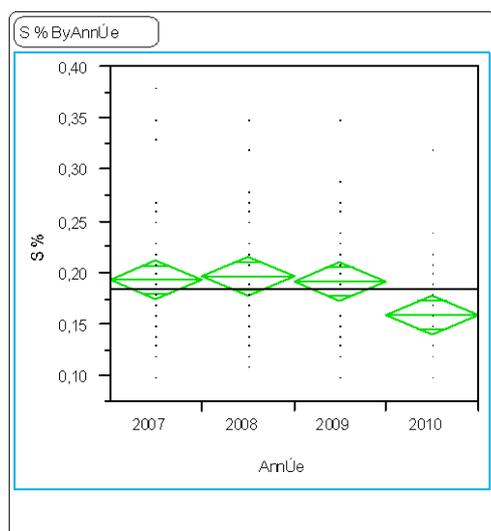


r^2	0,04	n	128	F-ratio	1,85	Prob>F	0,1409
-------	------	---	-----	---------	------	--------	--------

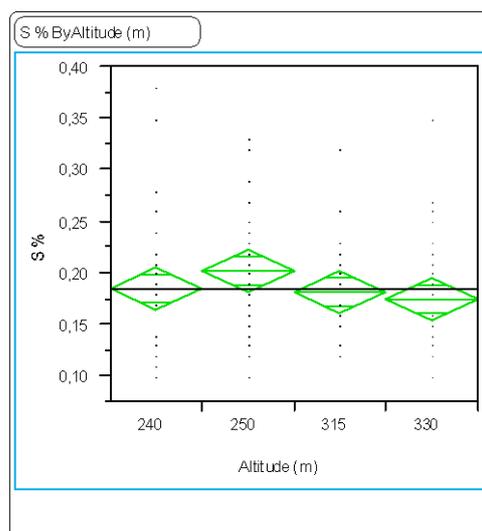


r^2	0,01	n	128	F-ratio	0,503	Prob>F	0,6806
-------	------	---	-----	---------	-------	--------	--------

Figure 31 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de *Meryta coriacea* (Araliaceae) - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)



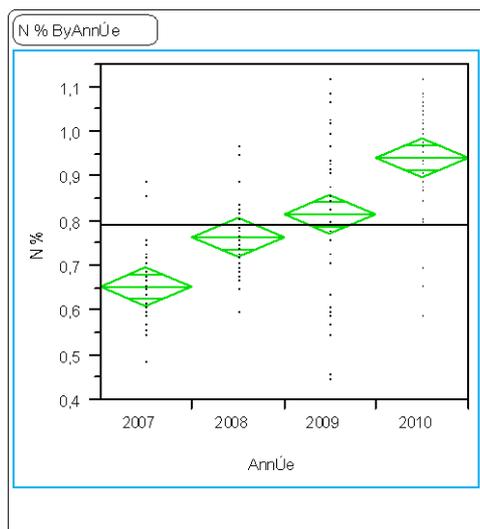
r^2	0,07	n	128	F-ratio	2,89	Prob>F	0,038
-------	------	---	-----	---------	------	--------	-------



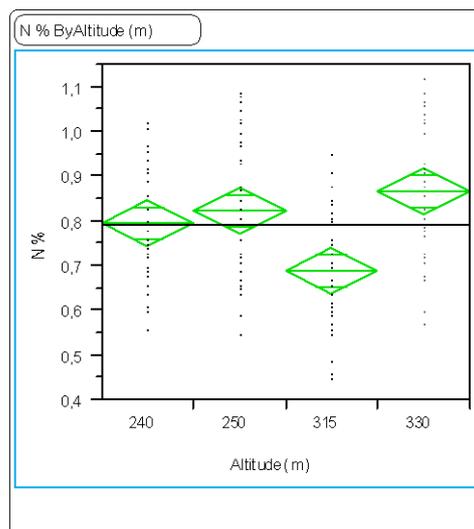
r^2	0,03	n	128	F-ratio	1,19	Prob>F	0,3131
-------	------	---	-----	---------	------	--------	--------

Figure 32 : ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des feuilles de *Meryta coriacea* (Araliaceae) - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

***Pandanus sp.* (Pandanaeae)**

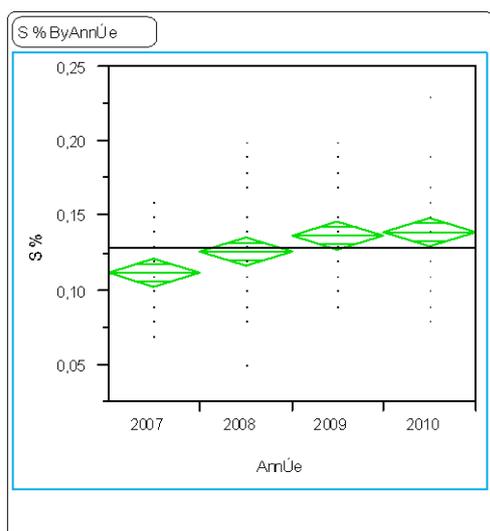


r^2	0,4	n	128	F-ratio	27,59	Prob>F	<0,0001
-------	-----	---	-----	---------	-------	--------	---------

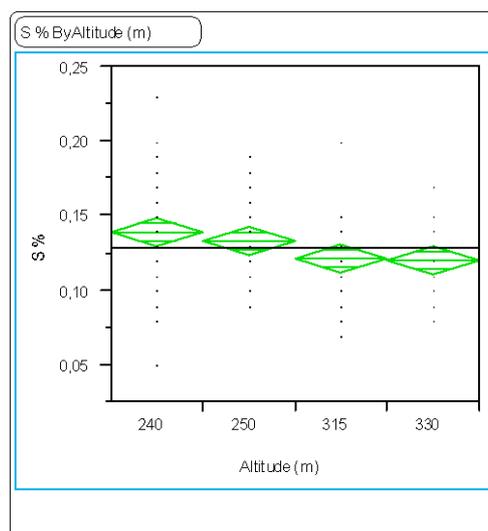


r^2	0,17	n	128	F-ratio	8,35	Prob>F	<0,0001
-------	------	---	-----	---------	------	--------	---------

Figure 33 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de *Pandanus sp.* (Pandanaeae)- Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)



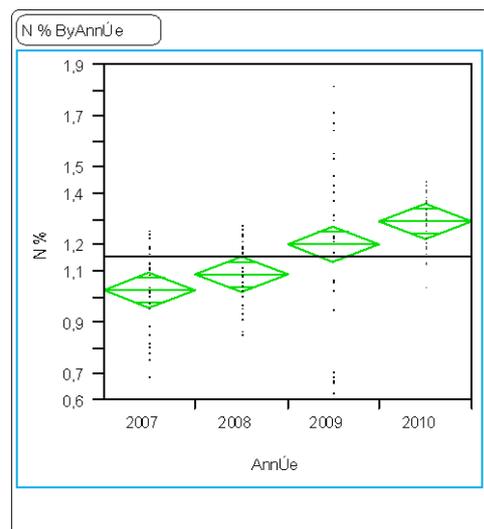
r ²	0,07	n	128	F-ratio	6,5	Prob>F	0,0004
----------------	------	---	-----	---------	-----	--------	--------



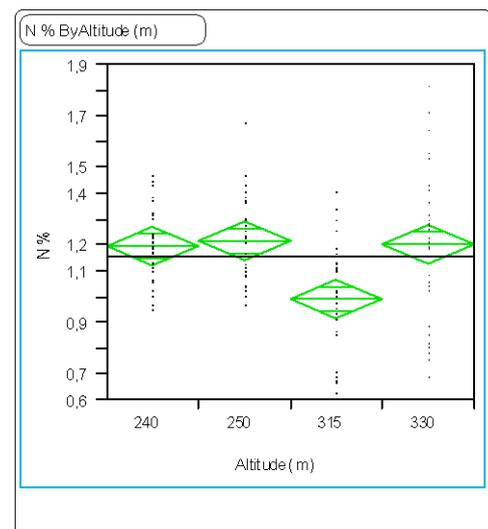
r ²	0,4	n	128	F-ratio	3,28	Prob>F	0,0231
----------------	-----	---	-----	---------	------	--------	--------

Figure 34 : ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des feuilles de *Pandanus sp.* (*Pandanaceae*) - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

***Gardenia aubreyi* (*Rubiaceae*)**



r ²	0,0360	n	96	F-ratio	1,74	F-prob	0,1810
----------------	--------	---	----	---------	------	--------	--------



r ²	0,3870	n	96	F-ratio	19,17	F-prob	0,0001
----------------	--------	---	----	---------	-------	--------	--------

Figure 35 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de *Gardenia aubreyi* (*Rubiaceae*) - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

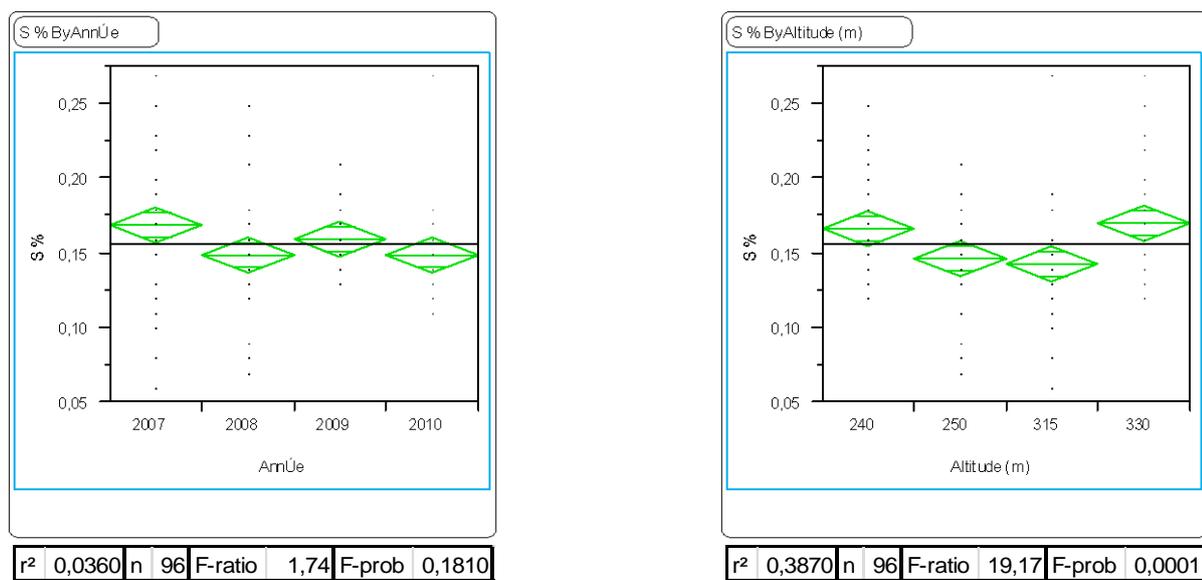


Figure 36 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de *Gardenia aubreyii* (Rubiaceae) - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

***Cleidion veillardii* (Euphorbiaceae) Parcelles FGK 2, FGK 4 et FGK 3**

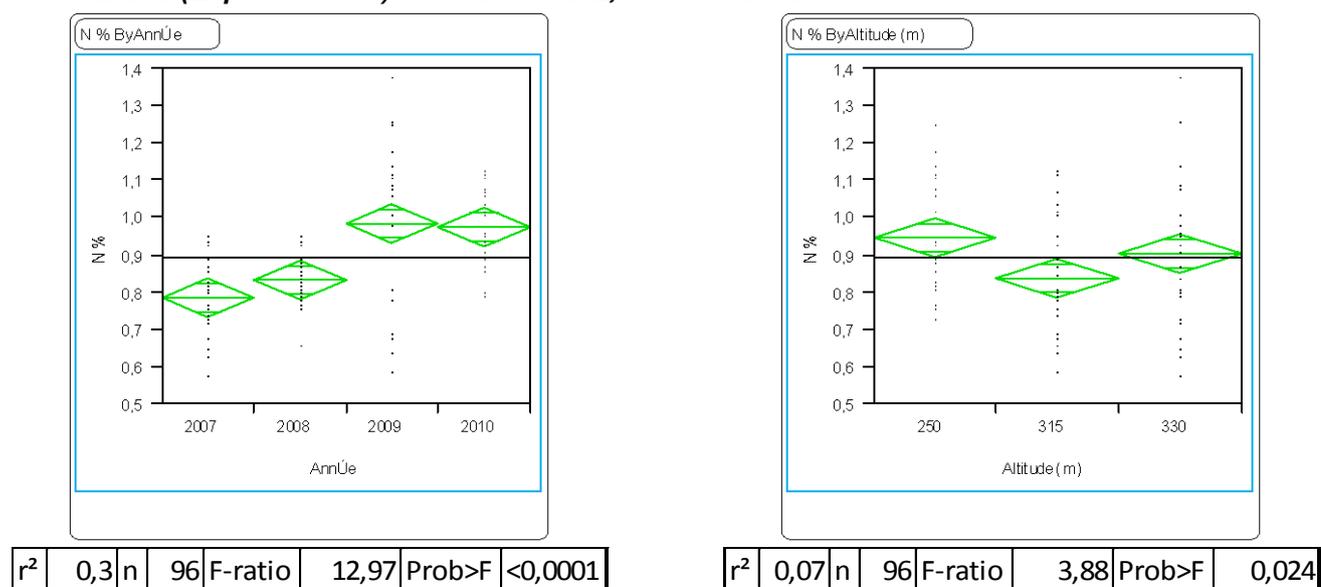
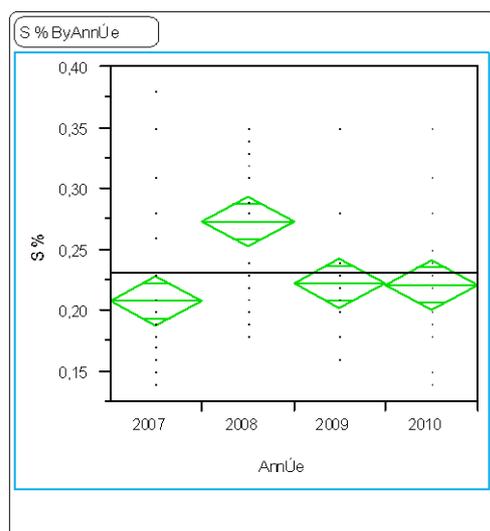
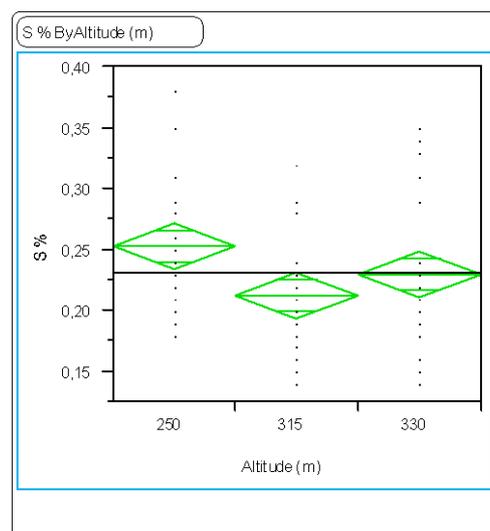


Figure 37 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de *Cleidion veillardii* (Euphorbiaceae)- Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)



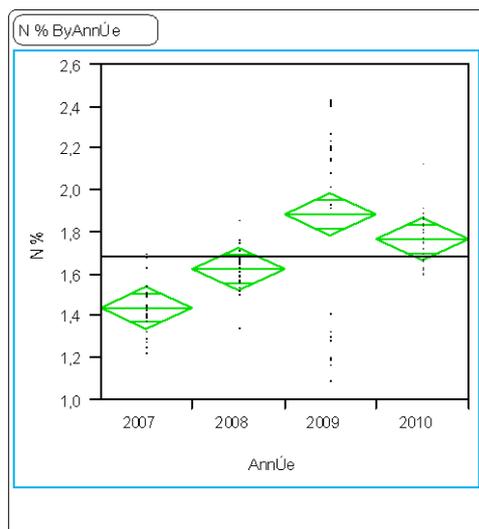
r^2	0,39	n	96	F-ratio	6,16	Prob>F	0,0024
-------	------	---	----	---------	------	--------	--------



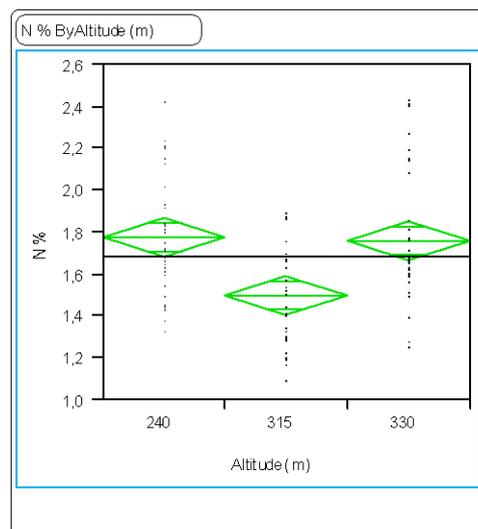
r^2	0,08	n	96	F-ratio	4,19	Prob>F	0,0181
-------	------	---	----	---------	------	--------	--------

Figure 38 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de *Cleidion veillardii* (Euphorbiaceae)- Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

***Guettarda speciosa* (Rubiaceae) Parcelles PGK 1, PGK 4 et PGK 3**



r^2	0,29	n	96	F-ratio	12,73	Prob>F	<0,0001
-------	------	---	----	---------	-------	--------	---------



r^2	0,18	n	96	F-ratio	9,88	Prob>F	0,0001
-------	------	---	----	---------	------	--------	--------

Figure 39 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de *Guettarda speciosa* (Rubiaceae) - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

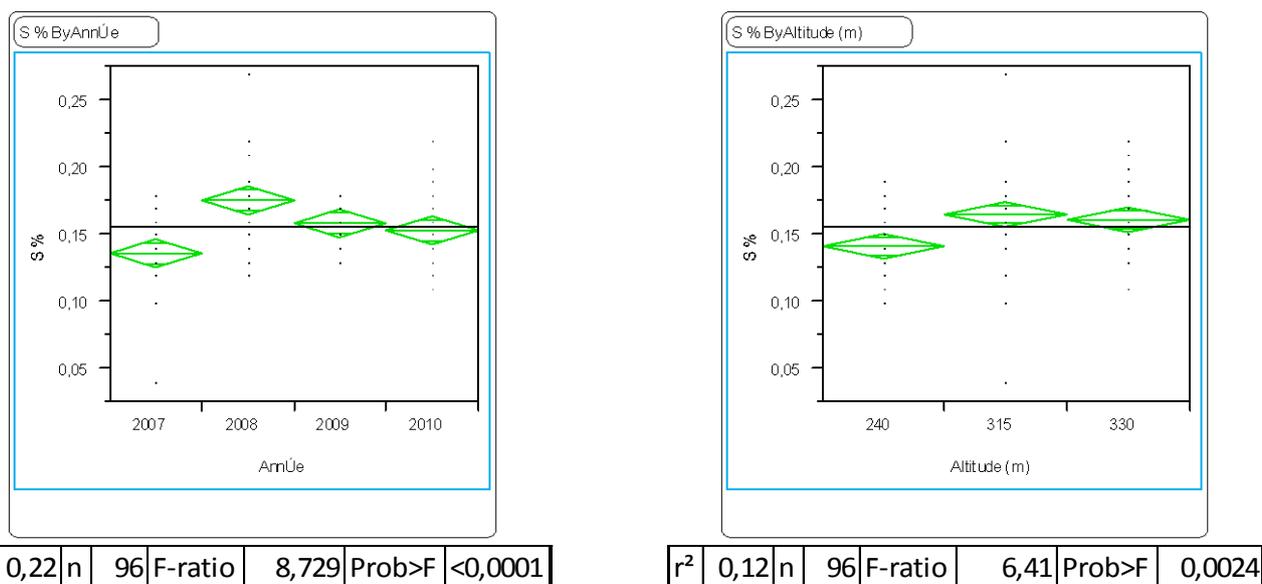


Figure 40 : ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des feuilles de *Guettarda speciosa* (*Rubiaceae*) - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

***Cryptocarya* sp. (*Lauraceae*) Parcelle PGK 2**

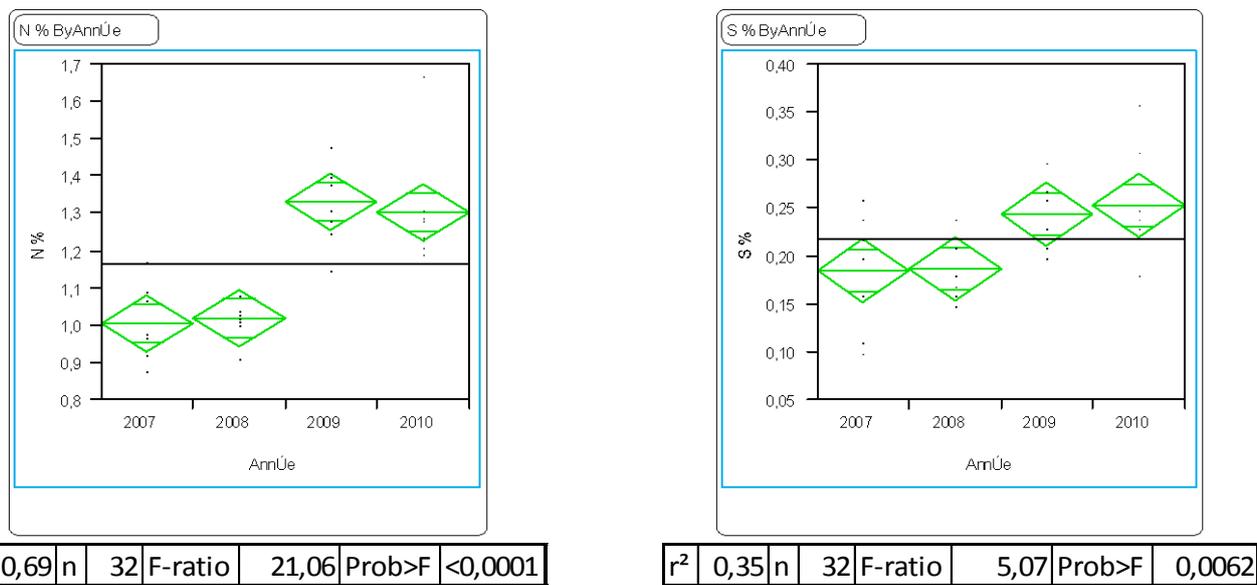
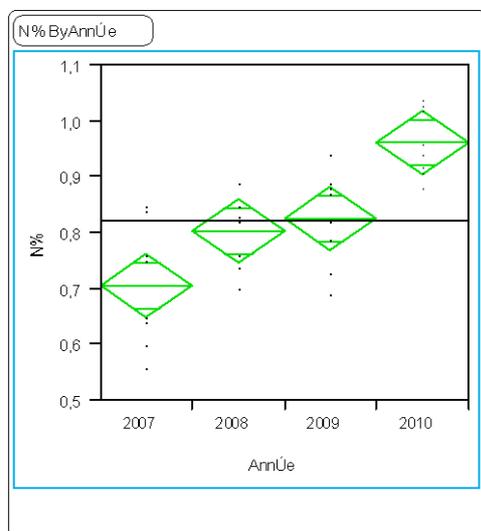
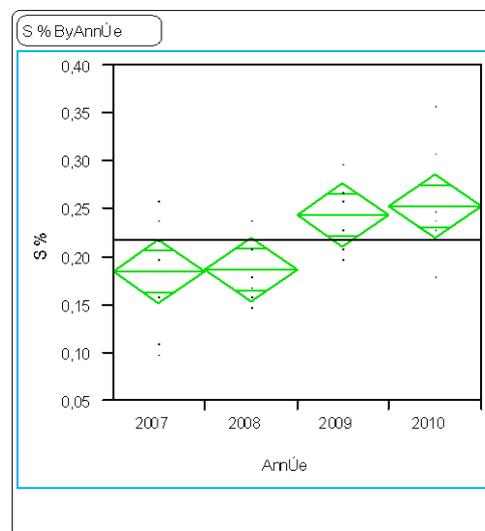


Figure 41 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Soufre total (S-%) des feuilles de *Cryptocarya* sp. (*Lauraceae*) - Pic du Grand Kaori selon l'année.

***Codia jaffrei* (Cunoniaceae) Parcelle FGK1**


r ²	0,58	n	32	F-ratio	13,14	Prob>F	<0,0001
----------------	------	---	----	---------	-------	--------	---------



r ²	0,31	n	32	F-ratio	4,2	Prob>F	0,0141
----------------	------	---	----	---------	-----	--------	--------

Figure 42 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Soufre total (S-%) des feuilles de *Codia jaffrei* (Cunoniaceae)- Pic du Grand Kaori selon l'année.

L'analyse de variance effectuée sur la composition chimique des feuilles des espèces commun prélevées sur les parcelles permanentes en 2007, 2008, 2009 et 2010 au Pic du Grand Kaori montre plusieurs tendances :

- Les feuilles de *Meryta*, *Pandanus*, *Gardenia*, *Cleidion*, *Codia* et *Cryptocarya* montrent une augmentation significative de leurs teneurs en N de 2007 à 2010.
- Les feuilles de *Meryta* montrent une diminution significative dans leur teneur en S entre 2007 et 2010.
- Les feuilles de *Pandanus*, *Codia* et *Cryptocarya* montrent une augmentation significative de leurs teneurs en S de 2007 à 2010.
- La teneur en S des feuilles de *Pandanus* montrent des différences significatives entre les parcelles selon l'altitude avec les parcelles du bas contenant une plus forte teneur que les parcelles du haut.
- La teneur en S des feuilles de *Gardenia*, *Cleidion* et *Guettarda* montrent des différences significatives entre les parcelles selon l'altitude de manière aléatoire.

ANOVA des éléments dans les feuilles des espèces commun sur les parcelles du Pic du Pin

Meryta coriacea (Araliaceae)

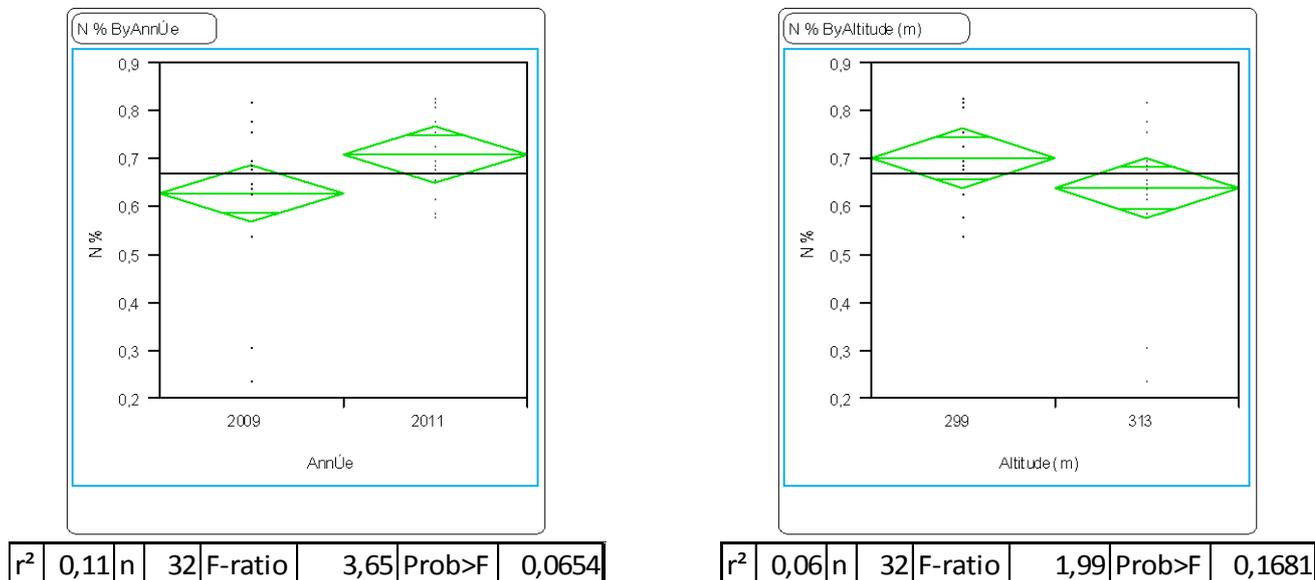


Figure 43 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de *Meryta coriacea* (Araliaceae) - Pic du Pin selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

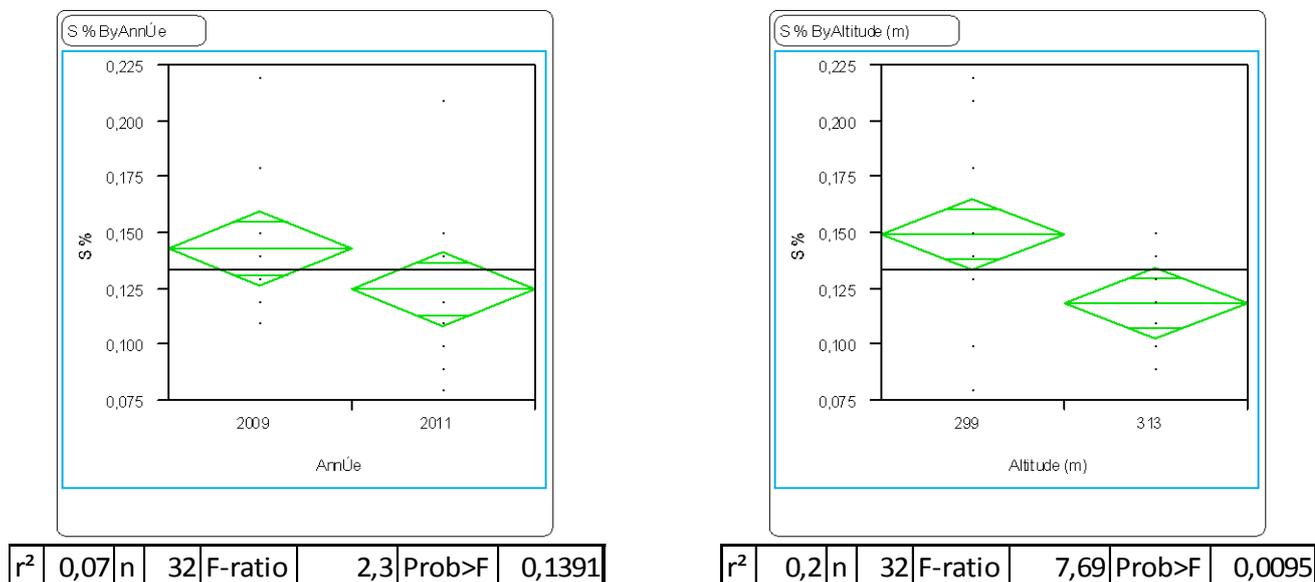
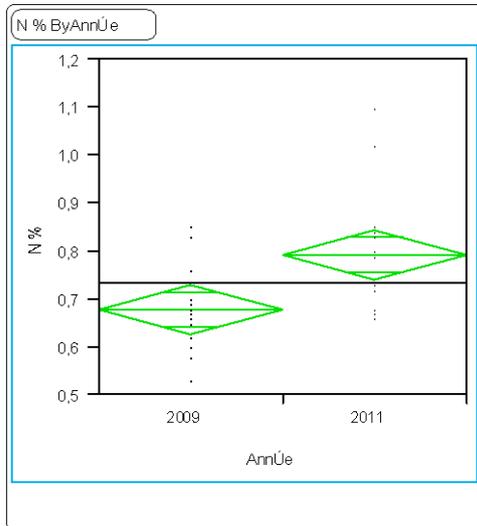
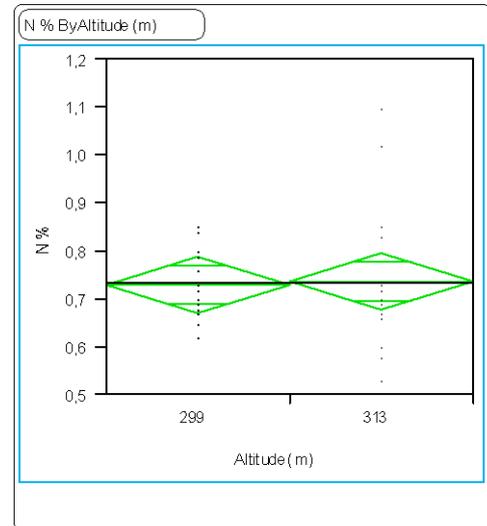


Figure 44 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de *Meryta coriacea* (Araliaceae) - Pic du Pin selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

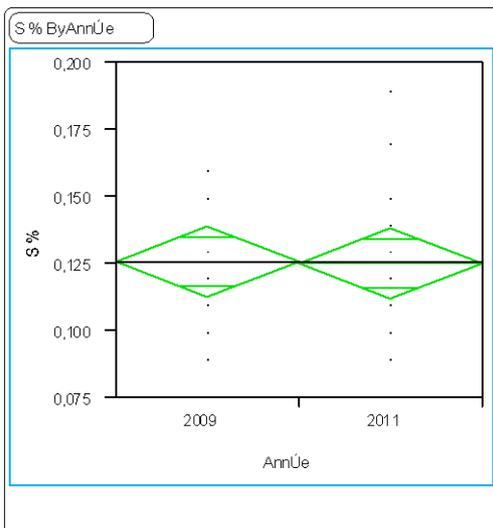
Pandanus sp. (Pandanaeae)


r^2	0,24	n	32	F-ratio	9,37	Prob>F	0,0046
-------	------	---	----	---------	------	--------	--------

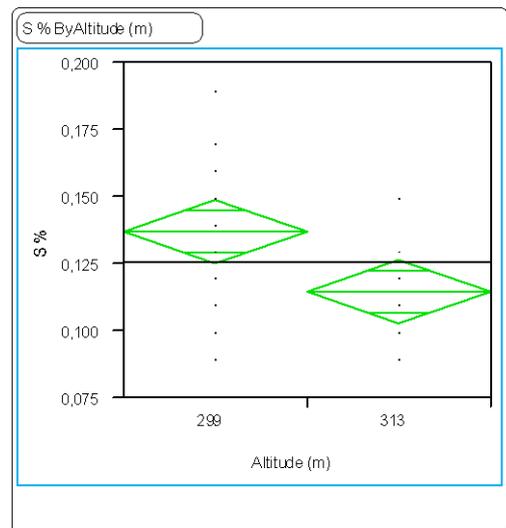


r^2	0,01	n	32	F-ratio	0,03	Prob>F	0,8597
-------	------	---	----	---------	------	--------	--------

Figure 45 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de *Pandanus sp. (Pandanaeae)* - Pic du Pin selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)



r^2	0,01	n	32	F-ratio	0,01	Prob>F	0,9458
-------	------	---	----	---------	------	--------	--------



r^2	0,19	n	32	F-ratio	7,11	Prob>F	0,0122
-------	------	---	----	---------	------	--------	--------

Figure 46 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de *Pandanus sp. (Pandanaeae)* - Pic du Pin selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

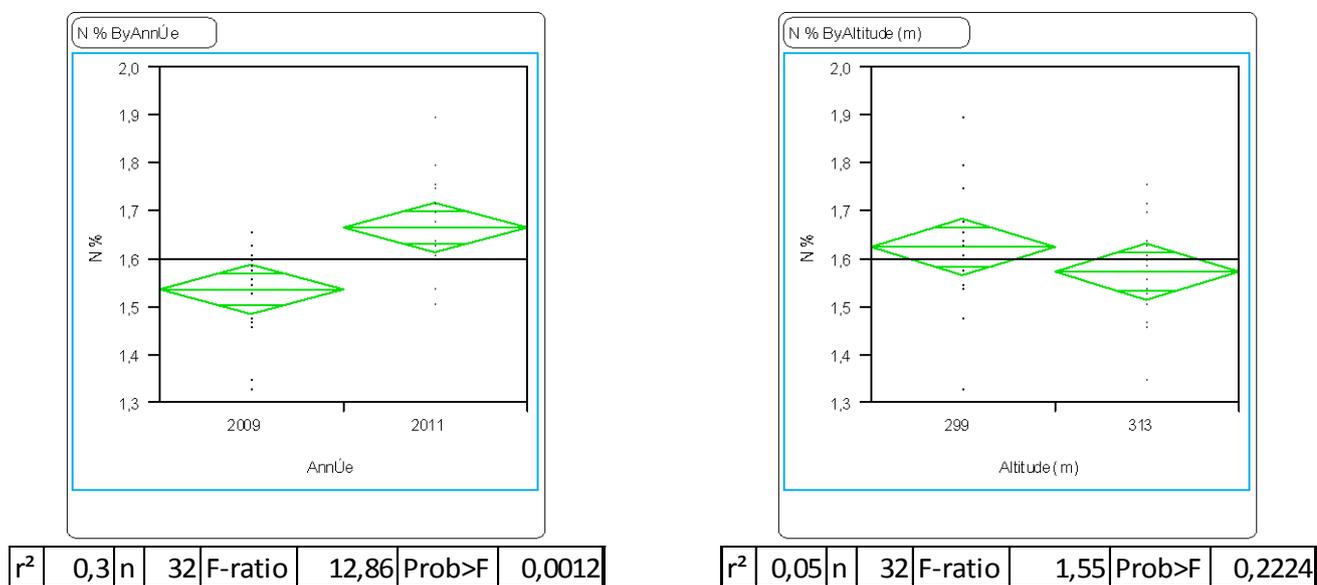
Guettarda eximia (Rubiaceae)


Figure 47 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de *Guettarda eximia* (Rubiaceae) - Pic du Pin selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

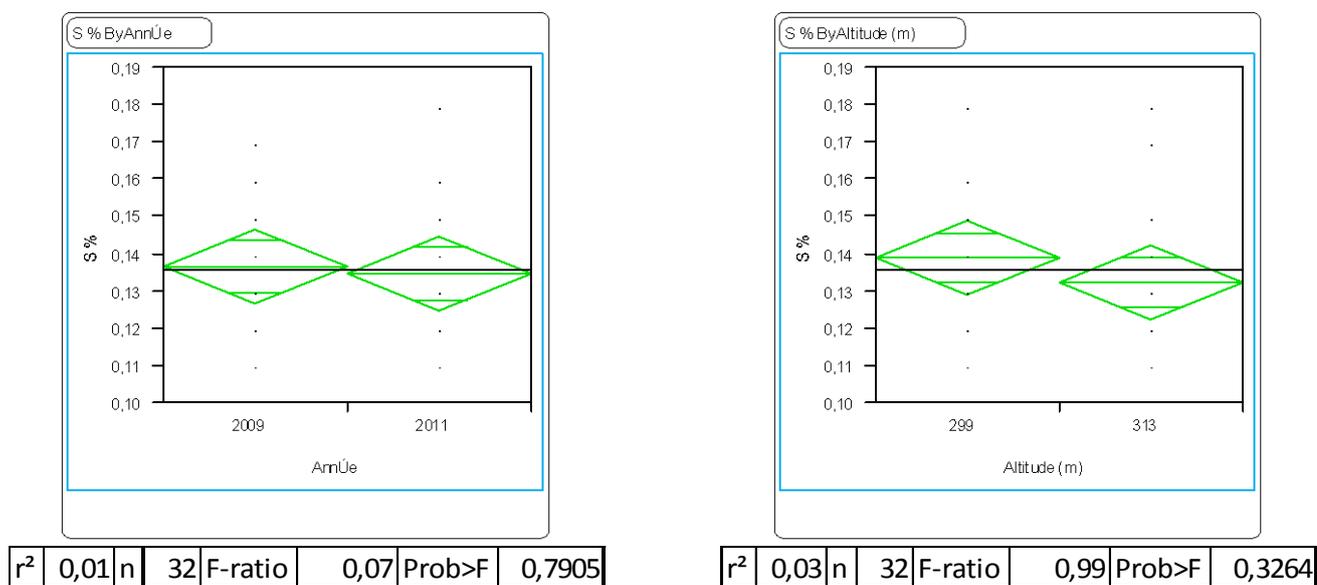
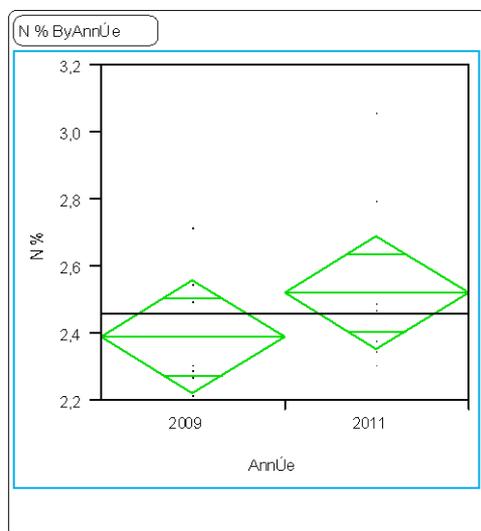
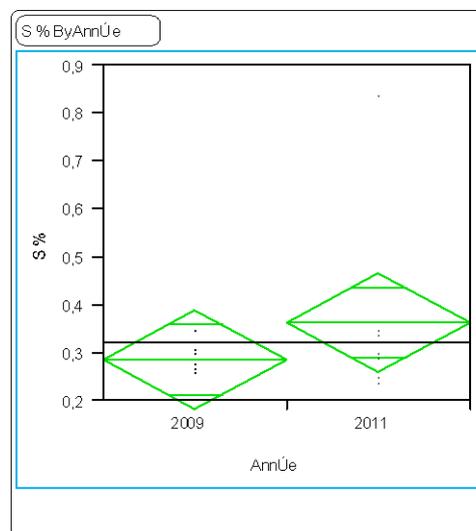


Figure 48 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de *Guettarda eximia* (Rubiaceae) - Pic du Pin selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

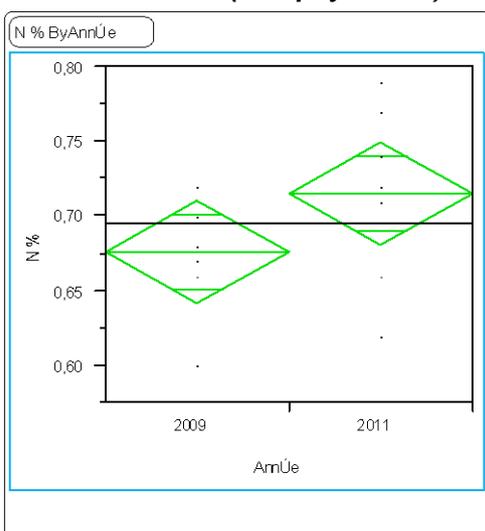
Alstonia sp. (Apocynaceae)


r ²	0,09	n	16	F-ratio	1,38	Prob>F	0,2592
----------------	------	---	----	---------	------	--------	--------

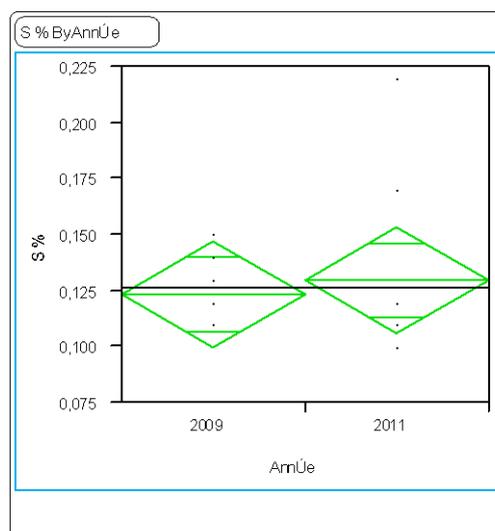


r ²	0,08	n	16	F-ratio	1,21	Prob>F	0,2887
----------------	------	---	----	---------	------	--------	--------

Figure 49 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Soufre total (S-%) des feuilles d'*Alstonia sp. (Apocynaceae)*- Pic du Pin selon l'année.

Calophyllum caledonicum (Calophyllaceae)


r ²	0,16	n	16	F-ratio	2,74	Prob>F	0,1195
----------------	------	---	----	---------	------	--------	--------



r ²	0,01	n	16	F-ratio	0,15	Prob>F	0,7025
----------------	------	---	----	---------	------	--------	--------

Figure 50 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Soufre total (S-%) des feuilles de *Calophyllum caledonicum (Calophyllaceae)* - Pic du Pin selon l'année.

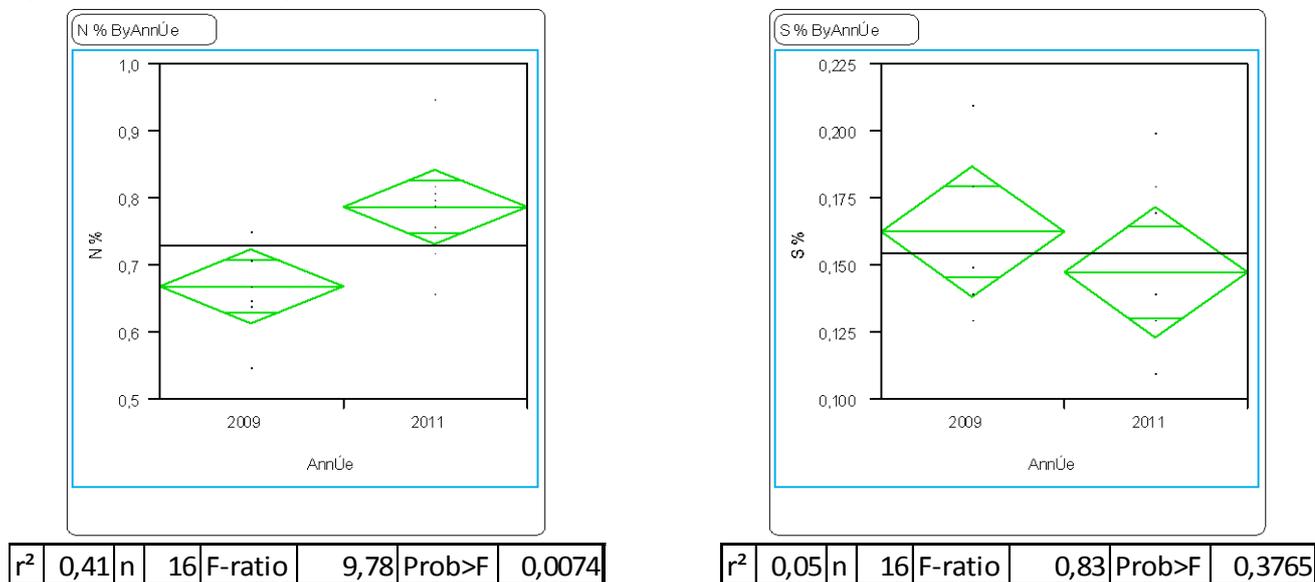
***Codia jaffrei* (Cunoniaceae)**


Figure 51 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Soufre total (S-%) des feuilles de *Codia jaffrei* (Cunoniaceae) - Pic du Pin selon l'année (gauche).

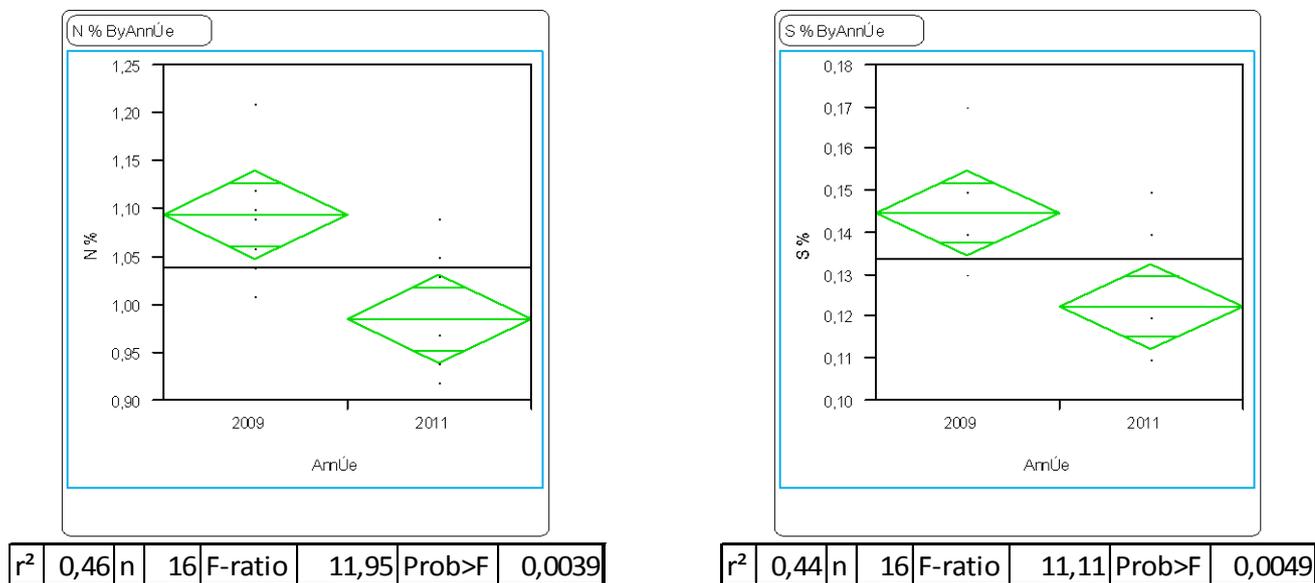
***Myodocarpus fraxinifolius* (Araliaceae)**


Figure 52 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) et Soufre total (S-%) des feuilles de *Myodocarpus fraxinifolius* (Araliaceae) - Pic du Pin selon l'année.

L'analyse de variance effectuée sur la composition chimique des feuilles des espèces communes prélevées sur les parcelles permanentes en 2009 et 2011 au Pic du Pin montre plusieurs tendances :

- Les feuilles de *Pandanus*, *Guettarda*, et *Codia* montrent une augmentation significative de leurs teneurs en N de 2009 à 2011.

- Les teneurs en S des feuilles de *Meryta* et *Pandanus* montrent une diminution significative avec une augmentation en altitude.

4. ANALYSE DES RESULTATS

4.1 Bilan générale des campagnes de suivies des parcelles permanentes

La campagne de mesures des parcelles permanentes de 2010 a débuté en octobre 2010 à Forêt Nord et ensuite a continué sur Pic du Grand Kaori en Janvier 2011 pour terminer en Avril à Pic du Pin. 1350 identification et mesures d'activité photosynthétique ont été effectuées sur les plantes des placettes des 4 parcelles permanentes à Forêt Nord en fin 2010. Les prélèvements de sols litières et feuilles ont été effectuée sur FN1, FN2 et FN4 en Décembre 2010. Les mesures d'activité chlorophyllienne n'ont pas pu être fait sur les plantes des parcelles à Pic du Grand Kaori en Janvier à cause des intempéries et le passage de la dépression tropicale forte Vania. Les travaux de réparation de la pépinière par son personnel suite à la dépression Vania et la mise en place d'une étude sur le dépérissement des chênes gommés en aval de l'usine a aussi interrompu les prélèvements de litière, sol et de feuilles sur les parcelles permanentes à Pic du Grand Kaori et Pic du Pin jusqu'en Avril 2011.

Tableau ci-dessous présent une synthèse du nombre de mesures ou éléments analysées dans les sols, litières et feuilles à Forêt Nord, Pic du Grand Kaori et Pic du Pin.

Mesures ou analyses	FN1	FN2	FN3	FN4	FN Total	PGK 1	PGK2	PGK3	PGK4	PGK Total	PP1	PP2	PP Total
Nombre de mesures d'activité chlorophyllienne	407	361	180	182	1130								
Nombre d'échantillons de sols prélevés	40	40		40	120	40	40	40	40	160	40	40	80
Nombre d'éléments analysée (sol)	24	24	24	24	2880	24	24	24	24	3840	24	24	1920
Nombre d'échantillons de litières prélevés	40	40		40	120	40	40	40	40	160	40	40	80
Nombre d'éléments analysée (litières)	9	9	9	9	1080	9	9	9	9	1440	9	9	720
Nombre d'espèces prélevés pour analyses foliaires	5	5		5	20	5	5	5	5	20	5	5	10
Nombre d'échantillons de feuilles prélevés	40	40		40	120	40	40	40	40	160	40	40	80
Nombre d'éléments analysée (feuilles)	8	8	8	8	960	8	8	8	8	1280	8	8	640
Total mesures ou analyses par Forêt					6050					6560			3280

Tableau 11 : Les nombres de mesures, de prélèvements et d'analyses chimiques fait pour la campagne de suivi concernant la période Octobre 2010 à Mai 2011.

4.2 État de santé des systèmes de photosynthèse

Les mesures ponctuelles de l'activité photosynthétique avec le PEA mètre des plantes en Forêt-Nord indiquent que les systèmes photosynthétiques des plantes opèrent de manière optimale (entre 0,78 et 0,82), ce qui indique des plantes en bonne santé en 2010 pour les différentes strates de végétation. Cette tendance de bonne santé photosynthétique se reflète non seulement au montrenit niveau des différentes strates, mais aussi au niveau de la composition floristique, comme en témoignent les valeurs FV/FM des espèces/genres identifiés à la Forêt-Nord qui ont changée très peu entre les premiers mesures en 2006 et les mesures en 2010 (Tableau 9). Les valeurs de bonne santé

photosynthétique obtenues dans les sous-bois de la station forestière sont semblables à celles d'autres forêts humides (Kuppers *et al*, 1996).

On enregistre en 2010 des différences en activité photosynthétique avec les campagnes précédant en 2006 et 2007. Les valeurs de 2010 pour la strate plantules montrent une augmentation par rapport à ceux de 2007. Cette augmentation proviens des parcelles FN1 et FN 2 qui avaient des valeurs FV/FM bas par rapport au moyenne qui suggérés il y a eu une amélioration dans l'activité photosynthétique des plantules survivant sans doute par la réduction de compétition

4.3 Evolution de la condition chimique des sols, des litières et des végétaux communs

4.3.1 Evolution de la condition chimique des sols

Les résultats des analyses chimiques des sols des parcelles permanentes de Forêt Nord, Pic du Grand Kaori et Pic du Pin présentées au tableau 11, sont comparables aux résultats déjà obtenus pour d'autres forêts humides dans le Grand Massif du Sud (Read *et al*, 2006). Le pH et teneurs en Mg, Ni, Fe et Cr des sols à Forêt Nord, Pic du Grand Kaori et Pic du Pin se rapproche plus des sols des forêts humides. Cependant, il y a des variations entre les stations forestières et les données existantes de Read et al (2006). Forêt Nord à les teneurs en N, P, K qui sont en générale les plus élevées et s'approche de ceux des forêts humides. Les sols de Pic du Grand Kaori et Pic du Pin ont des teneurs en P et K qui sont plus faible et s'approche plutôt à les teneurs dans les Forêt à Nothofagus (dont les deux stations en possèdent des populations). Les sols de Pic du Pin contient des très faible teneurs en Ca par apport aux deux autres stations et de rapproche plutôt des forêts à Nothofagus ou du maquis. Les valeurs des sols montrent aussi qu'il y a des variations entre les années (temporelles) pour certains éléments.

Formations végétales du Sud (Read <i>et al</i> , 2006)				Forêt Nord				Pic du Grand Kaori				Pic du Pin			
Analyses sol	Forêt à <i>Nothofagus</i>	Forêt Humide	Maquis	2007-2009		2010		2007-2009		2010		2009		2011	
				Moy	Ecart	Moy	Ecart	Moy	Ecart	Moy	Ecart	Moy	Ecart	Moy	Ecart
pH	3.5 - 5.9	4.1 - 6.0	4.4 - 6.1			6,09	0,35			5,88	0,49			5,22	0,76
N (mg g ⁻¹)	0.9 - 3.6	0.7 - 3.8	0.8 - 1.6	0,56	0,21	0,56	0,17	0,51	0,10	0,38	0,07	0,24	0,07	2,14	0,34
P (mg g ⁻¹)	0.07 - 0.24	0.10 - 0.18	0.06 - 0.32	0,31	0,16	0,41	0,08	0,13	0,01	0,11	0,01	0,09	0,00	0,10	0,00
K (mg g ⁻¹)	0.01 - 0.12	0.03 - 0.28	0.04 - 2.10	0,25	0,05	0,18	0,01	0,15	0,06	0,16	0,08	0,13	0,09	0,11	0,00
Ca (mg g ⁻¹)	0.07 - 1.20	0.40 - 1.15	0.05 - 1.5	0,58	0,61	0,26	0,12	0,26	0,13	0,23	0,09	0,05	0,02	0,06	0,03
Mg (mg g ⁻¹)	0.01 - 60	3.1 - 17	0.4 - 12.0	17,91	14,84	19,59	15,59	13,72	6,45	16,96	5,06	6,94	2,02	8,18	4,88
Ni (mg g ⁻¹)	0.5 - 6.7	2.3 - 8.5	1.3 - 10.4	5,55	0,39	8,44	1,67	6,14	1,18	7,71	1,58	5,72	0,55	5,93	1,55
Fe (mg g ⁻¹)	50 - 490	270 - 460	290 - 510	323,48	50,41	338,15	42,06	350,56	37,64	362,20	18,22	414,47	52,20	394,83	45,90
Cr (mg g ⁻¹)	2 - 134	25 - 184	14 - 110	23,60	3,94	22,14	5,03	19,90	1,73	20,10	2,85	15,54	0,63	20,24	2,33
eK (meq 100 g ⁻¹)	0.18 - 0.39	0.08 - 0.47	0.02 - 0.38	0,37	0,08	0,38	0,06	0,25	0,08	0,24	0,08	0,15	0,05	0,10	0,04
eCa (meq 100 g ⁻¹)	0.12 - 3.1	0.26 - 2.6	0.01 - 1.8	0,98	0,51	5,58	0,42	0,64	0,24	4,46	2,55	0,12	0,04	1,17	1,06
eMg (meq 100 g ⁻¹)	0.30 - 1.70	0.86 - 9.96	0.12 - 8.3	7,50	4,28	8,77	4,93	7,50	3,18	8,23	4,84	0,37	0,17	1,76	1,22

Tableau 12 : Caractéristiques chimiques des sols des formations du Grand massif du Sud (Read *et al*, 2006) et valeurs moyennes des stations (2006-2009) et 2010.

L'analyse de variance des teneurs en Azote (N) et Soufre (S) des sols des trois stations forestières montre plusieurs tendances significatives spatiales et temporelles. A forêt Nord les teneurs en N ont montré une diminution en N non significative et en S très significative de 2007 à 2010. Les variations dans les teneurs des sols des parcelles permanentes selon altitudinaux sont significatives pour N et S. Cependant, Elles sont aléatoires avec aucune correspondance entre teneur et altitude. A Pic du Grand Kaori, il y a aussi une diminution dans les teneurs en Soufre et Azote entre 2007 et 2010 qui est significative. Les teneurs en N et S montrent aussi des variations significatives selon l'altitude avec les sols des parcelles les plus élevés contenant les plus fortes teneurs en N et plus faible teneurs en S. Les variations altitudinale des teneurs en N et S ne sont pas significatives dans les sols de Pic du Pin. Cependant les teneurs en N ont augmenté de manière très significative en 2011 par rapport aux valeurs des sols en 2009.

Aucune analyse de variations n'a été faite des autres éléments dans les sols des stations forestières. Cependant certaines variations temporelles sont à noter comme la diminution en Ca dans les sols à Forêt Nord entre les valeurs moyennes de 2007-2009 et 2010. Pour la même période les teneurs en P

ont augmenté à Forêt Nord. La capacité d'échange de Ca dans les sols a augmenté entre les deux périodes de mesures à Pic du Grand Kaori et Pic du Pin.

4.3.2 Evolution de la condition chimique des litières

La caractéristique chimique des litières des forêts sur latérite en Nouvelle-Calédonie est méconnue (Becquer *et al*, 1995). Le peu d'informations disponibles indiquent que les teneurs en P, K et Ca en Forêt-Nord, au Pic du Grand Kaori et au Pic du Pin sont semblables à celles des analyses effectuées sur des forêts à Mourange (Read *et al*, 2006), cependant de nombreuses différences sont à prévoir en raison des variations biologiques des milieux (leur influence sur la décomposition) et les variations géochimiques des substrats, comme en témoignent les teneurs en N, Mg et Mn.

Analyse litière	Formations végétales du Sud (Read <i>et al</i> , 2006)			Forêt Nord				Pic du Grand Kaori				Pic du Pin			
	Forêt à <i>Nothofagus</i>	Forêt Humide	Maquis	2007-2009		2010		2007-2009		2010		2009		2011	
	(n = 4)	(n = 3)	(n = 4)	Moy	Ecart	Moy	Ecart	Moy	Ecart	Moy	Ecart	Moy	Ecart	Moy	Ecart
pH	4.7 ± 0.1	5.3 ± 0.2	4.8 ± 0.2												
N (mg g ⁻¹)	1.77 ± 0.03	2.39 ± 0.10	1.13 ± 0.17	0,92	0,15	1,37	0,15	0,75	0,04	0,75	0,04	0,99	0,05	0,97	0,14
C:N	21.0 ± 0.7	16.8 ± 0.9	19.5 ± 1.1	46,28	4,36	46,45	1,63	47,91	0,65	47,91	0,65	48,88	0,58	50,72	2,99
P (mg g ⁻¹)	0.125 ± 0.040	0.123 ± 0.050	0.084 ± 0.033	0,17	0,07	0,26	0,05	0,08	0,01	0,08	0,01	0,10	0,01	0,10	0,01
K (mg g ⁻¹)	0.142 ± 0.044	0.147 ± 0.065	0.072 ± 0.023	0,09	0,03	0,12	0,01	0,06	0,01	0,06	0,01	0,06	0,00	0,07	0,01
Ca (mg g ⁻¹)	0.281 ± 0.098	0.700 ± 0.225	0.092 ± 0.015	1,57	0,13	1,64	0,30	1,25	0,21	1,25	0,21	1,20	0,02	1,10	0,06
Mg (mg g ⁻¹)	7.27 ± 2.60	11.47 ± 4.84	5.36 ± 1.48	0,30	0,07	0,37	0,05	0,25	0,03	0,25	0,03	0,25	0,01	0,24	0,05
Mn (mg g ⁻¹)	7.60 ± 2.09	7.32 ± 2.24	3.91 ± 0.961	0,80	0,58	1,01	0,40	1,25	0,61	1,25	0,61	1,53	0,21	2,01	0,03

Tableau 13 : Caractéristiques chimiques des litières des formations du Grand massif du Sud (Read *et al*, 2006) et valeurs moyennes des stations (2007-2009) et 2010

L'analyse de variance effectuée sur les teneurs en N et S des échantillons de litières montrent plusieurs tendances. Les teneurs en N de litière à Forêt Nord montrent une augmentation de manière significative de 2007 à 2010. Cette tendance n'est pas marquée à Pic du Grand Kaori ni Pic du Pin pendant la même période.

Les teneurs en S dans la litière de Forêt-Nord varient de façon significative entre 2007 et 2010. Ces changements entre 2007 et 2010 pourraient être considérés comme des variations cycliques. Cependant il y a une nette augmentation quasi linéaire en S dans la litière à Forêt Nord entre 2008 et 2010 qui pourraient être aussi due à des apports atmosphériques. Les teneurs en S dans la litière de Pic du Grand Kaori montrent aussi une augmentation significative de 2007 à 2010, qui est cependant très légère, suggérant une origine dans les flux biologiques. Les changements dans les teneurs en S à Pic du Pin ne sont pas significatifs.

L'analyse de variance de la teneur des éléments d'origine organique montre que la teneur en azote diminue de manière significative selon l'augmentation d'altitude en Forêt-Nord. Cette différence pourrait être due à la diminution de biomasse aérienne qui baisse aussi avec l'altitude. Les teneurs en S varient inversement selon l'altitude avec la litière des parcelles du bas contenant des plus fortes teneurs en S. Ceci pourrait être due à des effets localisés de dominance d'une espèce dans la composition de la litière. Inversement ses parcelles sont plus en proximité de l'usine et pourraient accumuler une fréquence plus élevée des apports émis atmosphériques. Au Pic du Grand Kaori, les teneurs en N et S augmentent suivant l'altitude, encore que la différence entre les altitudes soit faible.

Aucune analyse de variance a été faite des métaux (Mg, Mn) et éléments liés au métabolisme des plantes (P, K, Ca, Na). Cependant, il est important de noter plusieurs tendances. Les teneurs en P de la litière ont augmenté dans la litière en 2010 par rapport aux mesures précédentes. Les teneurs en Mn des litières de Forêt Nord ont augmenté de manière générale entre les valeurs en moyenne enregistrées pour la période 2007-2009 et 2010. Cette augmentation en 2010 n'est pas due à une augmentation des apports de poussières liée à la circulation routière sur la végétation puisque les valeurs en Mn des litières à FN4 et FN1 ont baissé par rapport aux valeurs de 2009. Effectivement le goudronnage de la route en fin Octobre 2010 a nettement réduit les dépôts de poussières latéritiques sur la végétation en proximité du CR7 comme témoin probablement les réductions en Mn.

4.3.3 Evolution de la condition chimique des arbres

La composition chimique des plantes des sols latéritiques en Nouvelle-Calédonie a déjà fait l'objet de nombreuses études pour déterminer les liens édaphiques entre les espèces et leur milieu (Jaffré, 1980 ; Jaffré & Veillon, 1990, Jaffré & al, 1994 b ; Jaffré & Veillon, 1995 ; McCoy, 1998 ; Read & al, 2002).

D'une manière générale, une plante absorbe les éléments en fonction de ses besoins pour la croissance et la régulation des systèmes de photosynthèse. Dans le cas des plantes sur latérite, l'azote, le phosphore, la potasse, le soufre et le calcium – qui sont essentiels pour la régulation et la croissance de la plante – sont directement absorbés soit par la décomposition végétale, soit par la symbiose avec des mycorhizes ou des bactéries, car ils sont absents de la minéralogie des péridotites (Jaffré, 1980). En milieu forestier sur latérite, les conditions hydriques sont plus favorables et instaurent un cycle de décomposition plus dynamique qui favorise le développement d'espèces aux feuilles non sclérophylles contenant des teneurs plus élevées en N, P, K, et Ca (Jaffré & Veillon, 1995). Certaines de ces espèces peuvent même accumuler certains métaux (Ni, Mn) si les conditions organiques et minéralogiques sont propices à établir un lien entre le sol et la plante (Jaffré, 1980 ; Jaffré & Veillon, 1990).

Aucune information n'a encore été publiée sur la teneur en soufre des plantes endémiques en Nouvelle-Calédonie en raison de l'absence sur le Territoire de techniques et d'appareils adaptés à l'analyse de cet élément dans des végétaux. La teneur moyenne en soufre des plantes en Australie est de 0,3 % pour les plantes sempervirentes (Marschner, 1995). Dans les zones industrialisées d'Europe la teneur en S des essences forestières peut varier de 0,72 à 6,77 % pour les arbres angiospermes, et de 0,98 à 4,3% pour les gymnospermes dans les zones soumises à des émissions atmosphériques (Mankovska, 1997).

Espèces	Localité	N	P	K	Ca	Mg	Na	Mn	S
		%	ppm	%	%	%	%	ppm	%
<i>Cleistanthus stipitatus</i>	Forêt Nord	1,31	508	0,59	1,20	0,30	0,39	566	0,16
<i>Cupaniopsis macrocarpa</i>	Forêt Nord	1,56	849	0,60	0,72	0,45	0,16	348	0,17
<i>Elaeocarpus speciosus</i>	Forêt Nord	1,29	346	0,66	1,19	0,12	0,06	1670	0,15
<i>Ficus austrocaledonica</i>	Forêt Nord	1,50	591	0,89	2,11	0,59	0,40	61	0,13
<i>Garcinia neglecta</i>	Forêt Nord	1,18	448	0,38	2,12	0,38	0,39	1142	0,17
<i>Gardenia aubreyi</i>	Forêt Nord	1,49	315	0,98	1,03	0,30	0,35	75	0,15
<i>Macaranga alchorneoides</i>	Forêt Nord	1,48	499	0,77	1,42	0,61	0,44	56	0,20
<i>Meryta coriacea</i>	Forêt Nord	1,22	404	0,90	1,12	0,34	0,68	323	0,15
<i>Pagiantha cerifera</i>	Forêt Nord	3,14	656	2,25	0,86	0,51	0,41	593	0,83
<i>Pandanus sp.</i>	Forêt Nord	1,10	335	1,01	0,97	0,19	0,36	187	0,14
<i>Xylopia veillardii</i>	Forêt Nord	1,63	579	0,75	1,08	0,40	0,38	32	0,16
<i>Cleidion sp veillardii</i>	Pic du Grand Kaori	0,98	212	0,41	2,19	0,35	0,27	79	0,22
<i>Codia jaffrei</i>	Pic du Grand Kaori	0,96	248	0,44	0,77	0,25	0,17	657	0,17
<i>Cryptocarya sp.</i>	Pic du Grand Kaori	1,30	335	0,49	0,76	0,09	0,04	1590	0,25
<i>Gardenia aubreyi</i>	Pic du Grand Kaori	1,30	273	0,83	1,02	0,34	0,34	44	0,15
<i>Guettarda eximia</i>	Pic du Grand Kaori	1,77	302	0,84	0,45	0,27	0,12	53	0,15
<i>Meryta coriacea</i>	Pic du Grand Kaori	0,92	206	0,46	1,61	0,39	0,69	123	0,16
<i>Pandanus sp.</i>	Pic du Grand Kaori	0,94	232	0,91	0,97	0,16	0,12	302	0,14
<i>Alstonia sp.</i>	Pic du Pin	2,53	466	1,37	1,28	0,53	0,44	254	0,36
<i>Calophyllum caledonicum</i>	Pic du Pin	0,72	191	0,41	0,51	0,12	0,16	84	0,13
<i>Codia jaffrei</i>	Pic du Pin	0,79	248	0,31	0,43	0,36	0,18	508	0,15
<i>Guettarda eximia</i>	Pic du Pin	1,67	289	0,67	0,43	0,26	0,29	144	0,14
<i>Meryta coriacea</i>	Pic du Pin	0,71	191	0,32	1,60	0,34	0,81	222	0,12
<i>Myodocarpus fraxinifolius</i>	Pic du Pin	0,99	260	0,65	0,65	0,25	0,50	109	0,12
<i>Pandanus sp.</i>	Pic du Pin	0,79	233	0,60	1,07	0,20	0,19	633	0,13
Moyenne des espèces communes parcelles Forêt Nord		1,46	472	0,90	1,17	0,34	0,38	400	0,20
Moyenne des espèces communes parcelles permanentes Pic du Grand Kaori		1,16	249	0,67	1,19	0,29	0,30	226	0,17
Moyenne des espèces communes parcelles Permanentes Pic du Pin		1,14	259	0,59	0,90	0,29	0,38	293	0,15
Moyenne des espèces communes des parcelles permanentes sur Forêt Nord, Pic du Grand Kaori et Pic du Pin		1,33	369	0,74	1,10	0,32	0,33	394	0,19
Moyenne sur 118 Dicotylédones en forêt sur sol ultramafique (Jaffré et al, 1994 b)		1,34	440	0,86	1,55	0,49	0,25	250	
Moyenne sur 100 Dicotylédones en maquis sur sol ferraltique ferritique désaturée (Jaffré et al, 1994 b)		0,91	320	0,59	1,10	0,24	0,21	950	

En jaune : espèces présentes sur les trois stations ; en orange : à Pic du Grand Kaori et Pic du Pin ; en vert : à Forêt-Nord et Pic du Grand Kaori

Tableau 14 : Comparaison de la teneur foliaire (T0) des espèces communes d'arbres avec les valeurs moyennes des espèces forestières et para forestières décrites par Jaffré et al (1994 b)

Le tableau 13 présente une synthèse de la teneur foliaire moyenne (2010) des espèces d'arbres communs aux parcelles de Forêt-Nord, du Pic du Grand Kaori et du Pic du Pin, comparée à celle d'autres espèces de forêt humide et de maquis sur sol latéritique (Jaffré et al, 1994b). D'une manière générale, la teneur foliaire en N, P, K et Ca des arbres communs de Forêt-Nord est semblable à celle des autres dicotylédones de forêt sur latérite. Par contre, les teneurs en manganèse sont élevées par rapport aux teneurs moyennes des espèces de forêt sur latérite (Jaffré, et al, 1994b). Cette teneur provient des échantillons de feuilles des arbres d'*Elaeocarpus speciosus* prélevés à FN4 en 2010; elle peut indiquer que cette espèce accumule le manganèse ou des dépôts de poussières en provenance du trafic routier de la CR7 lors de la phase de construction de l'usine qui n'ont pas été lessivés des feuilles entre les mesures en 2009 et 2010. Les teneurs en phosphore, potasse et calcium des arbres des stations du Pic du Grand Kaori et du Pic du Pin sont basses par rapport à celles des espèces de forêt et se rapprochent plutôt des valeurs des dicotylédones de maquis (Jaffré et al, 1994b). Cette différence en P et K est due au faible nombre d'espèces que représentent les valeurs moyennes du Pic du Grand Kaori et du Pic du Pin (7 espèces chacune) et la présence d'espèces ayant de très faibles teneurs (ex : la teneur foliaire en Ca de *Calophyllum* est de 0,3).

Les mesures effectuées dans le cadre de cette étude montrent que la teneur en soufre des arbres de la Forêt-Nord montre la même tendance que pour le manganèse : elle est élevée par rapport à celles du Pic du Grand Kaori et du Pic du Pin. Des teneurs élevées en S ont été relevées sur des échantillons de *Gardenia aubreyi*, *Macaranga alchorneoides*, *Pagiantha cerifera* et *Dysoxylum*

canaliensis. La variation de la teneur en soufre pour ces espèces entre 2007 à 2010 (figure 53) pourrait correspondre à un cycle naturel de soufre variant selon les activités de décomposition plutôt qu'à des émissions de source industrielle, puisque des teneurs élevées on en S ont été enregistrées en 2007 avant la mise en marche des installations industrielles.

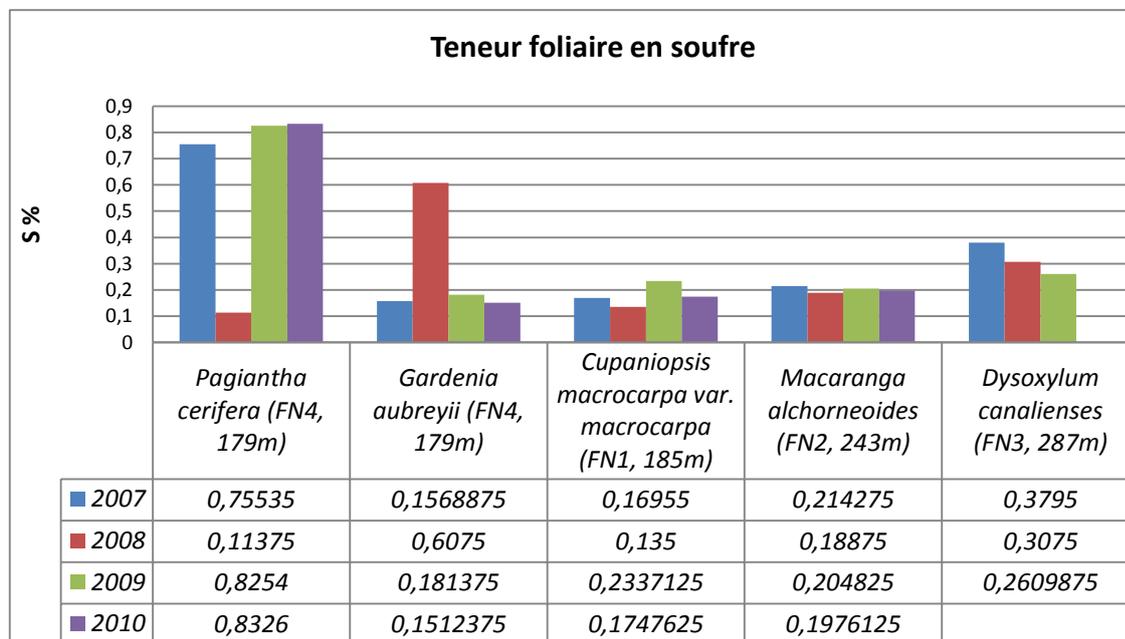


Figure 53 : Teneur moyenne en soufre (S%) des arbres des espèces communes (avec des valeurs >0,2%) en Forêt-Nord de 2007 à 2010

L'analyse de variance des teneurs foliaires en Azote (N) et Soufre (S) des espèces communes a permis de montrer certain tendances temporelles et spatiales. La teneur en N dans les feuilles de *Meryta*, *Pandanus*, *Cleistanthus*, *Elaeocarpus*, *Ficus*, *Macaranga* et *Xylopia* ont montré une augmentation significative quasi linéaire de 2007 à 2010 à Foret Nord. Les feuilles de *Cleistanthus*, *Cupaniopsis*, *Elaeocarpus*, *Gardenia*, *Pagiantha* et *Ficus* à Foret Nord ont aussi montrée des variations significatives de 2007 à 2010 dans leur teneur en S, mais les tendances sont aléatoires. Concernant les variations spatiale, *Meryta* montrent des différences significatives en N entre les parcelles selon l'altitude avec les parcelles du bas contenant une plus faible teneur que les parcelles du haut. A l'inverse, *Pandanus* contient des teneurs en N qui sont plus faible sur les parcelles de bas que sur les parcelles de haut. Les teneurs en S des feuilles de *Meryta* et *Pandanus* montrent des différences significatives entre les parcelles selon l'altitude avec les parcelles du bas contenant une plus faible teneur que les parcelles du haut.

L'analyse de variance a montré que l'augmentation significative en N quasi linéaire entre 2007 et 2010 a aussi été enregistrée pour *Meryta*, *Pandanus*, *Gardenia*, *Cleidion*, *Codia* et *Cryptocarya* à Pic du Grand Kaori. *Pandanus*, *Codia* et *Cryptocarya* ont aussi montrée une augmentation significative dans leurs teneurs en soufre entre 2007 et 2010. A l'inverse, *Meryta* a montré une baisse significative dans ses teneurs en soufre pour la même période. La teneur en S des feuilles de *Gardenia*, *Cleidion* et *Guettarda* montrent des différences significatives entre les parcelles de Pic du Grand Kaori selon l'altitude de manière aléatoire. Les variations chimiques foliaires selon altitude sont moins marquant pour les espèces à Pic du Grand Kaori avec seulement *Pandanus* contenant des teneurs en S qui sont significativement plus élevées sur les parcelles de bas que sur les parcelles de haut. *Gardenia*, *Cleidion* et *Guettarda* montrent aussi des variation significative dans leur teneur on S selon l'emplacement du parcelle mais les variation sont aléatoire par rapport a l'altitude.

L'analyse de variance des teneurs foliaires des espèces à Pic du Pin montrent que les teneurs en N de *Pandanus*, *Guettarda* et *Codia* ont augmenté de manière significative entre 2009 et 2011. Seulement *Meryta* et *Pandanus* montrent une variation significative dans ses teneurs en S entre les parcelles.

5. CONCLUSION

5.1 Etat de santé des parcelles

L'année 2010 a été caractérisée par des tests opérationnels et la remise en marche de nombreuses installations de l'usine (centrale acide) et l'opération optimale du central électrique de Prony Energie. Les suivies des stations forestières de 2010 ont donc été primordiales pour évaluer les impacts des émissions atmosphériques lors du démarrage des différentes unités de Vale et Prony Energie dans son ensemble. La période d'évaluation habituelle en période sèche entre Octobre et Décembre a été souvent interrompue par des intempéries en 2010 culminant avec le passage de la dépression tropicale Vania en Janvier 2011 qui a décalé et réduit les nombres de suivies qui ont pu être fait sur les trois stations forestières. Malgré les mauvaises conditions météorologiques, la suivie des stations forestières a réussi à obtenir une bonne idée sur l'état de santé des plantes sur Forêt Nord et des informations sur l'évolution chimique des trois réserves forestières. Cette information est essentielle pour suivre l'évolution des milieux forestiers et l'impact des intrants (SO₂ et NO_x) d'origine industrielle compte tenu de l'absence d'information sur les effets des émissions atmosphériques industrielles sur la santé des écosystèmes en Nouvelle Calédonie.

Les mesures de l'activité photosynthétique effectuées sur les parcelles permanentes à Forêt Nord montrent que les plantes étaient en bonne santé en fin 2010. L'activité photosynthétique des strates de plantules a même amélioré par rapport aux mesures de 2007. Cette augmentation est sans doute liée à l'amélioration des conditions créées par la réduction en nombre des plantules sur les placettes permanentes. La bonne activité photosynthétique de la strate arbres pourrait s'avérer erronée car nombreuses arbres n'ont pas pu être échantillonnés à cause de leur hauteur souvent non atteignable par l'échenilloir de 12m utilisée pour les prélèvements (ref : tableau 4). Cette difficulté technique a déjà rencontrée depuis la mise en place des parcelles permanentes des stations forestières et une modification du protocole de suivi est nécessaire afin d'améliorer les connaissances des conditions de cette strate récepteur car c'est en générale les arbres qui sont les premiers à recevoir les panaches industrielles (Mulgrew & Williams, 2000).

Les prélèvements effectués sur les parcelles de Forêt-Nord et du Pic du Grand Kaori ont montré plusieurs variations temporelles dans les valeurs chimiques des sols, des litières et des arbres communs en 2010. La première tendance temporelle enregistrée est l'augmentation significative de la teneur en Azote (N) de la litière de 2007 à 2010 dans l'ensemble des stations forestières (Forêt Nord, Pic du Grand Kaori, Pic du Pin). Les feuilles de 7 sur 11 espèces à Forêt Nord, 6 sur 7 espèces à Pic du Grand Kaori et 2 sur 7 espèces à Pic du Pin montrent aussi une augmentation de leur teneur en N de 2007 à 2010. Les teneurs en phosphore de la litière et nombreuses espèces à Forêt Nord ont aussi augmenté pendant la même période ce qui suggère des phénomènes cycliques naturels de décomposition. De plus, la litière de Pic du Pin qui est la station forestière la plus éloignée d'une source de N industrielle montre la plus grande augmentation en N. Malgré son augmentation qui pourrait s'avérer être d'ordre biologique, l'accumulation de N en provenance des émissions industrielles ne doit pas être écartée pour la végétation à Forêt Nord compte tenu des résultats chimiques (litières et feuilles) et la proximité des sources de NO_x industrielles en phase de test opérationnel de démarrage et de montée en puissance (usine et central électrique).

Les teneurs en soufre de la litière ont augmenté à Forêt Nord et à Pic du Grand Kaori de 2007 à 2010 de manière linéaire. Certaines espèces à Forêt Nord et Pic du Grand Kaori ont aussi des teneurs en S qui varient de manière temporelle. Ses variations sont aléatoires et ne correspondent pas avec une augmentation constante associée à une émission industrielle. De plus les valeurs en S sont largement inférieures à celles rencontrées par la végétation soumise à l'influence constante des émissions industrielles (Mankovska, 1997). Cependant des effets ponctuels d'émissions épisodiques sur Forêt Nord pourraient être pris en considération compte tenu que Forêt Nord est plus en proximité des sources des émissions atmosphériques et expliquer l'augmentation des teneurs en S de la litière qui sont plus importantes qu'à Pic du Grand Kaori. Ça pourrait aussi expliquer pourquoi un plus grand nombre

d'espèces montrent des variations dans leur teneur en S qui sont plus élevées qu'aux autres stations forestières plus éloignées.

En conclusion, les résultats de l'étude sur l'état de santé de Forêt Nord ainsi que l'évolution chimiques des autres réserves du Pic du Grand Kaori et du Pic du Pin montrent que les formations sont en bonne santé avec aucun symptôme visible des effets des émissions atmosphériques du complexe industriel de Vale. Cependant l'évidence chimiques des teneurs grandissent en N et S dans la litière et espèces communes laisse suggérer que le phénomène de dépérissement des chênes gomme du a des impacts épisodique de panaches de SO₂ actuellement à l'étude (Rapport technique Vale, 2011) s'étend progressivement à Forêt Nord. La progression semble moins fréquente et localisé aux lisières (FN4 et FN1) compte tenu de la densité de la végétation forestière et la position protégée contre les vents dominantes qui influencent les émissions industrielles. L'absence de symptômes foliaires visuels synonymes de SO₂ à Forêt Nord est largement due à la grande difficulté à obtenir des échantillons de feuilles dans la strate arbres qui est le premier milieu récepteur des émissions atmosphériques.

5.2 Revue des protocoles et des fréquences d'échantillonnage

Le protocole utilisé pour la présente étude a été développé pour évaluer l'état de santé des formations forestières en pays tempéré, avec une réplification de placettes en nombre suffisant pour obtenir des informations sur des sous-bois généralement clairsemés (Mulgrew & Williams, 2000; Murray, 2004). La même réplification de placettes a également été appliquée pour les trois stations de forêt humide. Or, en milieu humide, les sous-bois sont plus denses qu'en milieu tempéré. Ce facteur combiné à la pluviosité importante de la région du Sud a rallongé considérablement le travail de comptage et de mesurage des sous-bois au détriment des prélèvements et mesures dans le canope.

Compte tenu du faible dynamisme de la végétation et les lacunes d'information sur la canopée qui est le premier récepteur des changements foliaires, il nous apparaît nécessaire de revoir notre protocole de suivi de manière à optimiser l'effort d'échantillonnage. Les mesures nous proposons sont les suivants :

- Annulation de la suivie sur les parcelles permanentes à Pic du Pin
- Les mesures de **structure** des parcelles à Forêt Nord et Pic du Grand Kaori devront être effectuées **tous les 5 ans** ;
- Un **comptage** des plantes étiquetées sur les placettes devra être effectué **annuellement** pour obtenir des informations sur la mortalité ;
- Les mesures de **fluorimétrie** devront se limiter au nombre moyen de plantes par placette pour les surfaces 1x1m et 2x2m de chaque parcelle (Tableau 15), pour réduire la durée consacrée à ce type de mesure par répliquât ;
- **L'échantillonnage** des sols, des litières et des feuilles devra être effectué **annuellement** à la même période que les mesures.
- **Le nombre d'échantillons de sols et litière sera réduit à 5 par parcelle** pour donner des indications.
- Des **mesures de pH des sols** devront être effectuées de manière annuelle en complément des analyses existantes.
- **L'échantillonnage de feuilles** pour les mesures d'activité photosynthétique et les analyses chimiques **est fait au-delà des surface des parcelles** afin d'obtenir une meilleur évaluation **uniquement sur les espèces arbres dont les valeurs en N et S sont élevées** par rapport au données antécédentes ou qui **possèdent une canopée avec des symptômes visible** du sol (effeuillage des branches, feuilles nécrosé ou chlorose).
- Des **mesures de luminosité au sol** sont effectuées sur les parcelles permanentes à Forêt Nord de manière semestrielle pour montrer des **changements de couverture du canopée**.

- **L'analyse chimique des litières et feuilles est fait pour obtenir uniquement leur teneurs en Azote et Soufre** pour ainsi réduire les délais d'obtention des résultats analytiques.

Nombre d'individus		FN4	FN1	FN2	FN3
1 x 1 m (N=8)	Moyenne	13	22	7	2
	Max	20	37	11	6
	% reduction	66	60	67	35
2 x 2 m (N=8)	Moyenne	31	34	23	5
	Max	79	58	42	12
	% reduction	39	59	56	39
Nombre d'individus		PGK1	PGK2	PGK4	PGK3
1 x 1 m (N=8)	Moyenne	11	11	15	6
	Max	21	19	22	12
	% reduction	52	56	69	51
2 x 2 m (N=8)	Moyenne	14	15	9	18
	Max	31	35	21	49
	% reduction	46	42	42	37

Tableau 15 : Proposition de réduction du nombre de plantes analysées par fluorimétrie sur chaque placette à partir de 2012

Cette proposition allégée du protocole des parcelles permanentes des réserves forestières vient en complément du protocole de Murray (2012) pour suivre les symptômes et effets des émissions atmosphériques sur les végétations impactées ou non au tour de l'usine. Ce protocole comprends des suivies mensuels sur 27 points d'observation pour évaluer l'évolution des symptômes de SO₂ sur la végétation. Chaque point contient un échantillonneur passif de SO₂ et NO_x pour corroborer les quantités cumulatives mensuelles de SO₂ et NO_x vise à vie les symptômes observés. En forêt, les échantillonneurs passifs sont placés dans le canopée pour obtenir les variations mensuelles de SO₂ et NO_x pour ainsi clarifier avec certitude les symptômes difficiles à déceler dans la canopée de manière visuel.

6. RÉFÉRENCES

- Jaffré, T. (1980). *Etude écologique de peuplement végétal des sols dérivés des roches ultramafiques en Nouvelle-Calédonie*. Coll. Trav. et Doc. de ORSTOM, 124, Paris (Thesis).
- Jaffré, T. & Veillon, J.-M. (1990) *Etude floristique et structurale de deux forêts denses humides sur roches ultrabasiqes en Nouvelle-Cale'donie*. Bulletin du Museum National d'Histoire Naturelle, Paris, 4e série., 12, section B., Adansonia, 3-4, 243-273.
- Jaffré, T., Gauthier, D., Rigault, F., & McCoy, S. (1994 b). *Les Casuarinacées endémiques*. Bois et Forêts des Tropiques 242, 31-44.
- Jaffré, T. & Veillon, J.-M. (1995) *Structural and floristic characteristics of a rain forest on schist in New Caledonia: a comparison with an ultramafic rain forest*. Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris, 4e sér., 17, section B. Adansonia, 3-4, 201-226.
- Jaffré, T. (2000) *Caractéristiques floristiques de la zone de Prony & Goro*. Consultance pour SIRAS et INCO SA, 39p.
- Jaffré T, Dagostini G, Rigault F, Coic N (2004) *Inventaire floristique des unités de végétation de la zone d'implantation des infrastructures minières et industrielles de Goro Nickel*. IRD, Nouméa, Rapport de Consultance, p 69.
- Kent, M. & Coker, P. (1992) *Vegetation description and analysis: a practical approach*. CRC Press, London, 363 p.
- Krause, G. H & Weis, E. (1991) *Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics*. Annual review plant physiol. & mol. biol. 42: 313-349.
- Kuppers, M., Timm, H., Stegemann, J., Stober, R., Paliwal, K., Karunaichamy, K. S. T. K. & Ortiz, R. (1996) *Effects of light environment and successional status on sunfleck use by understorey trees of temperate and tropical forests*. Tree physiology 16: 69-80.
- Lovelock, C. E. Jebb, M. & Osmond, C. B. (1994) *Photoinhibition and recovery in tropical rainforest species: response to disturbance*. Oecologia 97: 297-307.
- Mankovska, B. (1997) *Variations in sulphur and nitrogen foliar concentration of deciduous and coniferous vegetation in Slovakia*. Water, Air and Soil Pollution, 96, 329-345.
- Marschner, H. (1995) *Mineral nutrition of higher plants*. Second edition. 889pp. London: Academic Press
- Maxwell, K & Johnson, G.H. (2000) *Chlorophyll fluorescence: A practical guide*. Journal of Experimental Botany. 51 (345): 659-668.
- McCoy, S. (1991) *Edaphic controls influencing the distribution of Nothofagus aequilateralis on ultrabasic soils at the Col de Mouirange, New Caledonia*. Unpublished Honours thesis, Australian National University, Canberra.
- McCoy, S., Jaffré, T., Rigault, F., & Ash, J. (1999) *Fire and succession in the ultramafic maquis of New Caledonia*. Journal of biogeography 26(3): 579-594.
- McCoy, S. (1998) *The dynamics of Gymnostoma maquis on ultramafic soils in New Caledonia*. Ph.D thesis, Australian National University, Canberra, 273 pages.
- Morat, Ph., Jaffré, T., Veillon, J.-M., and Mackee, H.S. (1986). *Affinities floristiques et origine de la flore de la Nouvelle-Calédonie*. Bull. Mus. natl. Hist. nat., Paris, Sér 4., Adansonia 2, 133-182.

Morat, Ph (1993) *Our knowledge of the flora of New Caledonia: endemism and diversity in relation to substrate types and substrates. Biodiversity letters 1: 72-81.*

Murray, F (2004) *Draft Monitoring Protocol for Assessment of Potential Effects of Air Pollution on the Forêt-Nord, School of Environmental Science, Murdoch University, Perth, Australia. Consultancy report. 10 Pages.*

Mulgrew, A & Williams, P (2000) *Biomonitoring of air quality using plants. World Health Organisation (WHO) for Air Quality management. Air Hygiene Report Number 10: 7-165.*

Osmond, C. B (1994) *What is photoinhibition? Some insights from comparisons of shade and sun plants. In: Photoinhibition of photosynthesis: from molecular mechanisms to the field (Eds: N. R. Baker & J. R. Bowyer) pp. 1-24. BIOS scientific publishers, Oxford.*

Rapport Technique Vale (2011). Investigation sur la cause du dépérissement d'une formation végétale dominée par le chêne gomme en aval du site industriel de Vale Nouvelle-Calédonie : Rapport d'étape. Vale Nouvelle Calédonie, Octobre 2011, 90 Pages.

Raven, T. (1994) *The cost of photoinhibition to plant communities. In: Photoinhibition of photosynthesis: from molecular mechanisms to the field (Eds: N. R. Baker & J. R. Bowyer) pp 450-464. BIOS scientific publishers, Oxford.*

Read, J., Jaffré', T., Godrie, E., Hope, G.S. & Veillon, J.-M. (2000) *Structural and floristic characteristics of some monodominant and adjacent mixed rainforests in New Caledonia. Journal of Biogeography, 27, 233–250.*

Read, J., Ferris, J.M. & Jaffré', T. (2002) *Foliar mineral content of Nothofagus species on ultramafic soils in New Caledonia and non-ultramafic soils in Papua New Guinea. Australian Journal of Botany, 50, 607–617.*

READ, J., T. JAFFRÉ, J. M. FERRIS, S. MCCOY, AND G. S. HOPE. (2006). *Does soil determine the boundaries of contiguous monodominant rainforest, mixed rainforest and maquis on ultramafic soils in New Caledonia? Journal of Biogeography 33: 1055-1065.*