



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

Bilan 2006-2009



**Vale Nouvelle-Calédonie
Août 2011**

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	4
2. MÉTHODE DE SUIVI	5
2.1 Mise en place des parcelles	5
2.2 Quantification de la structure floristique des plantes.....	7
2.3 Mesures de la santé des plantes.....	8
2.4 Mesures chimiques du sol, de la litière et des feuilles des espèces communes	9
2.5 Traitement des données.....	10
2.6 Fréquence d'échantillonnage et données disponibles	11
3. RÉSULTATS	13
3.1 Diversité floristique des stations.....	13
3.2 Structure végétale des parcelles	14
3.3 Santé des parcelles en Forêt-Nord et au Pic du Grand Kaori.....	17
3.4 Caractéristiques chimiques du sol et de la litière des stations.....	25
3.5 Analyse de variance (ANOVA) de la teneur en éléments dans le sol, la litière et les espèces communes.....	36
4. ANALYSE DES RESULTATS	63
4.1 Description générale des formations forestières.....	63
4.2 Diversité des forêts humides en Nouvelle-Calédonie	64
4.3 Biomasse aérienne des stations	65
4.4 Mortalité des plantules	65
4.5 État de santé des systèmes de photosynthèse.....	66
4.6 Evolution de la condition chimique des sols, des litières et des végétaux communs	66
4.6.1 Evolution de la condition chimique des sols.....	66
4.6.2 Evolution de la condition chimique des litières.....	68
4.6.3 Evolution de la condition chimique des arbres.....	69
5. CONCLUSION.....	73
5.1 Etat de santé des parcelles	73
5.2 Revue des protocoles et des fréquences d'échantillonnage.....	74
6. RÉFÉRENCES	77

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 :	Mesure des parcelles et des placettes.....	6
Tableau 3 :	Données disponibles pour le suivi des parcelles en 2006, 2007, 2008 et 2009.....	11
Tableau 4 :	Nombre d'espèces selon la strate, l'indice de diversité Shannon Weiner (H) et l'indice d'Equitabilité (EH) - Forêt-Nord.....	13
Tableau 5 :	Nombre d'espèces selon la strate, l'indice de diversité Shannon Weiner (H) et l'indice d'Equitabilité (EH) -Pic du Grand Kaori	13
Tableau 6 :	Structure et biomasse aérienne de différentes strates - Forêt-Nord	14
Tableau 7 :	Structure et biomasse aérienne de différentes strates - Pic du Grand Kaori	15
Tableau 8 :	Fluorimétrie par espèce - Forêt-Nord.....	21
Tableau 9 :	Fluorimétrie par espèce - Pic du Grand Kaori	23
Tableau 10 :	Caractéristiques chimiques des échantillons de litière et de sol - Forêt-Nord (2007-2009)	24
Tableau 11 :	Caractéristiques chimiques des échantillons de litière et de sol - Pic du Grand Kaori (2007-2009).....	27
Tableau 12 :	Caractéristiques chimiques des échantillons de litière et de sol - Pic du Pin (2009)	29
Tableau 13 :	Teneur foliaire des espèces communes - Forêt-Nord (2007-2009).....	31
Tableau 14 :	Teneur foliaire des espèces communes - Pic du Grand Kaori (2007-2009).....	33
Tableau 15 :	Teneur foliaire des espèces communes - Pic du Pin (2009)	35
Tableau 16 :	Indices de Shannon Weiner & d'Equitabilité des forêts humides de Nouvelle-Calédonie	64
Tableau 17 :	Estimation du nombre d'individus selon les strates et la biomasse aérienne - Forêt-Nord et Pic du Grand Kaori.....	65
Tableau 18 :	Caractéristiques chimiques des sols des formations du Grand massif du Sud (Read <i>et al</i> , 2006) et valeurs moyennes des stations (2007-2009).....	67
Tableau 19 :	Caractéristiques chimiques des litières des formations du Grand massif du Sud (Read <i>et al</i> , 2006) et valeurs moyennes des stations (2007-2009).....	68
Tableau 20 :	Comparaison de la teneur foliaire (T0) des espèces communes d'arbres avec les valeurs moyennes des espèces forestières et paraforestières décrites par Jaffré <i>et al</i> (1994)	70
Tableau 21 :	Proposition de réduction du nombre de plantes analysées par fluorimétrie sur chaque placette à partir de 2012	75

FIGURES

Figure 1 :	Localisation des parcelles en Forêt-Nord, au Pic du Grand Kaori et au Pic du Pin	4
Figure 2 :	Schéma du dispositif des placettes de 1x1m, 2x2m et 2x5m.....	5
Figure 3 :	Balisage d'une placette de 2mx2m sur la parcelle FN3 en Forêt-Nord.....	6
Figure 4 :	Balisage d'une placette de 1mx1m sur la parcelle PGK3 au Pic du Grand Kaori	6
Figure 5 :	Etiquetage des plantules	7
Figure 6 :	Etiquetage des arbres.....	7
Figure 7 :	Mesure de diamètre avec un pied à coulisse	8
Figure 8 :	Mesure de circonférence avec un ruban forestier gradué.....	8
Figure 9 :	Plantes numérotées avec dispositif de clip pour les mesures de fluorimétrie	9
Figure 10 :	Mesure de fluorescence chlorophyllienne avec un fluorimètre portatif	9
Figure 11 :	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)	10
Figure 12 :	Nombre de plantules sur T0 et T1 selon l'altitude - Forêt-Nord (gauche) et Pic du Grand Kaori (droite)	16
Figure 13 :	ANOVA (fluorimétrie) des strates de T0 et T1 - Forêt-Nord	17
Figure 14 :	ANOVA (fluorimétrie) des strates de T0 et T1 - Forêt-Nord	17
Figure 15 :	ANOVA (fluorimétrie) des strates de T0 et T1 - Pic du Grand Kaori	18
Figure 16 :	ANOVA (fluorimétrie) des strates de T0 et T1 - pic du Grand Kaori	18
Figure 17 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des sols - Forêt-Nord	36
Figure 18 :	ANOVA teneur en Carbone total (C%) des sols - Forêt-Nord	36
Figure 19 :	ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des sols - Forêt-Nord	37
Figure 20 :	ANOVA teneur en Calcium échangeable (Ca-meq%) des sols - Forêt-Nord.....	37
Figure 21 :	ANOVA teneur en Magnésium échangeable (Ca-meq%) des sols - Forêt-Nord	37
Figure 22 :	ANOVA teneur en Sodium échangeable (Na-meq%) des sols - Forêt-Nord	38
Figure 23 :	ANOVA teneur en Potassium échangeable (K-meq%) des sols - Forêt-Nord	38
Figure 24 :	ANOVA capacité d'échange (CEC-meq-%) des sols - Forêt-Nord	38
Figure 25 :	ANOVA teneur en Fer total (Fe- g/kg) des sols - Forêt-Nord	39
Figure 26 :	ANOVA teneur en Manganèse total (Mn-mg/kg) des sols - Forêt-Nord.....	39
Figure 27 :	ANOVA teneur en Cuivre total (Cu- mg/kg) des sols - Forêt-Nord.....	39
Figure 28 :	ANOVA teneur en Phosphore total (P- mg/kg) des sols - Forêt-Nord.....	40
Figure 29 :	ANOVA teneur en Zinc total (Zn- mg/kg) des sols - Forêt-Nord.....	40
Figure 30 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des sols - Pic du Grand Kaori	41
Figure 31 :	ANOVA teneur en Carbone total (C-%) des sols - Pic du Grand Kaori.....	41
Figure 32 :	ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des sols - Pic du Grand Kaori	41
Figure 33 :	ANOVA teneur en Calcium échangeable (Ca-meq%) des sols - Pic du Grand Kaori.....	42
Figure 34 :	ANOVA teneur en Magnésium échangeable (Mg-meq%) des sols - Pic du Grand Kaori.....	42
Figure 35 :	ANOVA teneur en Sodium échangeable (Na-meq%) des sols - Pic du Grand Kaori	42
Figure 36 :	ANOVA teneur en Potassium échangeable (K-meq%) des sols - Pic du Grand Kaori	43
Figure 37 :	ANOVA capacité d'échanges (CEC-meq-%) des sols - Pic du Grand Kaori	43
Figure 38 :	ANOVA teneur en Fer total (Fe- g/kg) des sols - Pic du Grand Kaori	43
Figure 39 :	ANOVA teneur en Manganèse total (Mn- mg/kg) des sols - Pic du Grand Kaori.....	44
Figure 40 :	ANOVA teneur en Phosphore total (P- mg/kg) des sols - Pic du Grand Kaori.....	44
Figure 41 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des litières - Forêt-Nord	45
Figure 42 :	ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des litières - Forêt-Nord	45

Figure 43 :	ANOVA teneur en Calcium total (Ca- %) des litières - Forêt-Nord	45
Figure 44 :	ANOVA teneur en Magnésium total (Mg- %) des litières - Forêt-Nord	46
Figure 45 :	ANOVA teneur en Sodium total (Na- %) des litières - Forêt-Nord.....	46
Figure 46 :	ANOVA teneur en Potassium total (K- %) des litières - Forêt-Nord	46
Figure 47 :	ANOVA teneur en Phosphore total (P- ppm) des litières - Forêt-Nord	47
Figure 48 :	ANOVA teneur en Manganèse total (Mn- ppm) des litières - Forêt-Nord	47
Figure 49 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des litières - Pic du Grand Kaori.....	48
Figure 50 :	ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des litières - Pic du Grand Kaori	48
Figure 51 :	ANOVA teneur en Calcium total (Ca- %) des litières - Pic du Grand Kaori.....	48
Figure 52 :	ANOVA teneur en Magnésium total (Mg- %) des litières - Pic du Grand Kaori.....	49
Figure 53 :	ANOVA teneur en Sodium total (Na- %) des litières - Pic du Grand Kaori.....	49
Figure 54 :	ANOVA teneur en Potassium total (K- %) des litières - Pic du Grand Kaori	49
Figure 55 :	ANOVA teneur en Phosphore total (P- ppm) des litières - Pic du Grand Kaori.....	50
Figure 56 :	ANOVA teneur en Manganèse total (Mn- ppm) des litières - Pic du Grand Kaori.....	50
Figure 57 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de <i>Meryta coriacea</i> (Araliaceae) - Forêt-Nord	51
Figure 58 :	ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des feuilles de <i>Meryta coriacea</i> (Araliaceae) - Forêt-Nord	51
Figure 59 :	ANOVA teneur en Calcium total (Ca- %) des feuilles de <i>Meryta coriacea</i> (Araliaceae) - Forêt-Nord	51
Figure 60 :	ANOVA teneur en Magnésium total (Mg- %) des feuilles de <i>Meryta coriacea</i> (Araliaceae) - Forêt-Nord	52
Figure 61 :	ANOVA teneur en Sodium total (Na- %) des feuilles de <i>Meryta coriacea</i> (Araliaceae) - Forêt-Nord	52
Figure 62 :	ANOVA teneur en Potassium total (K- %) des feuilles de <i>Meryta coriacea</i> (Araliaceae) - Forêt-Nord	52
Figure 63 :	ANOVA teneur en Phosphore total (P- ppm) des feuilles de <i>Meryta coriacea</i> (Araliaceae) - Forêt-Nord	53
Figure 64 :	ANOVA teneur en Manganèse total (Mn- ppm) des feuilles de <i>Meryta coriacea</i> (Araliaceae) - Forêt-Nord	53
Figure 65 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de <i>Pandanus sp.</i> (Pandaceae) - Forêt-Nord	54
Figure 66 :	ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des feuilles de <i>Pandanus sp.</i> (Pandaceae) - Forêt-Nord	54
Figure 67 :	ANOVA teneur en Calcium total (Ca- %) des feuilles de <i>Pandanus sp.</i> (Pandaceae) - Forêt-Nord.....	54
Figure 68 :	ANOVA teneur en Magnésium total (Mg- %) des feuilles de <i>Pandanus sp.</i> (Pandaceae) - Forêt-Nord.....	55
Figure 69 :	ANOVA teneur en Sodium total (Na- %) des feuilles de <i>Pandanus sp.</i> (Pandaceae) - Forêt-Nord.....	55
Figure 70 :	ANOVA teneur en Potassium total (K- %) des feuilles de <i>Pandanus sp.</i> (Pandaceae) - Forêt-Nord.....	55
Figure 71 :	ANOVA teneur en Phosphore total (P- ppm) des feuilles de <i>Pandanus sp.</i> (Pandaceae) - Forêt-Nord.....	56
Figure 72 :	ANOVA teneur en Manganèse (Mn- ppm) des feuilles de <i>Pandanus sp.</i> (Pandaceae) - Forêt-Nord.....	56
Figure 73 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de <i>Meryta coriacea</i> (Araliaceae) - Pic du Grand Kaori.....	57
Figure 74 :	ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des feuilles de <i>Meryta coriacea</i> (Araliaceae) - Pic du Grand Kaori.....	57
Figure 75:	ANOVA teneur en Calcium (Ca- %) des feuilles de <i>Meryta coriacea</i> (Araliaceae) - Pic du Grand Kaori.....	57

Figure 76 :	ANOVA teneur en Sodium (Na- %) des feuilles de <i>Meryta coriacea</i> (Araliaceae) - Pic du Grand Kaori	58
Figure 77 :	ANOVA teneur en Potassium (K- %) des feuilles de <i>Meryta coriacea</i> (Araliaceae) - Pic du Grand Kaori	58
Figure 78 :	ANOVA teneur en Phosphore total (P- ppm) des feuilles de <i>Meryta coriacea</i> (Araliaceae) - Pic du Grand Kaori.....	58
Figure 79 :	ANOVA teneur en Manganèse total (Mn- ppm) des feuilles de <i>Meryta coriacea</i> (Araliaceae) - Pic du Grand Kaori.....	59
Figure 80 :	ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de <i>Pandanus sp.</i> (Pandanaeae) - Pic du Grand Kaori	60
Figure 81 :	ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des feuilles de <i>Pandanus sp.</i> (Pandanaeae) - Pic du Grand Kaori	60
Figure 82 :	ANOVA teneur en Calcium total (Ca- %) des feuilles de <i>Pandanus sp.</i> (Pandanaeae) - Pic du Grand Kaori	60
Figure 83 :	ANOVA teneur en Magnésium total (Mg- %) des feuilles de <i>Pandanus sp.</i> (Pandanaeae) - Forêt-Nord.....	61
Figure 84 :	ANOVA teneur en Potassium total (K- %) des feuilles de <i>Pandanus sp.</i> (Pandanaeae) - Pic du Grand Kaori	61
Figure 85 :	ANOVA teneur en Phosphore total (P- ppm) des feuilles de <i>Pandanus sp.</i> (Pandanaeae) - Pic du Grand Kaori	61
Figure 86 :	ANOVA teneur en Manganèse total (Mn- ppm) des feuilles de <i>Pandanus sp.</i> (Pandanaeae) - Pic du Grand Kaori	62
Figure 87 :	Schéma d'une topo-séquence du Grand Massif du Sud montrant l'emplacement des différents types de sol	67
Figure 88 :	Teneur moyenne en soufre (S%) des arbres des espèces communes (avec des valeurs >0,2%) en Forêt-Nord (2007-2009)	71

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 2005 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

Le protocole de suivi des parcelles a trois objectifs :

- Déterminer tout changement dans la composition des espèces forestières lié directement ou indirectement aux émissions atmosphériques industrielles. L'identification et quantification des plantes des parcelles sont importantes pour évaluer l'évolution de la composition végétale.
- Déterminer tout changement dans la structure forestière lié directement ou indirectement aux émissions atmosphériques industrielles. L'impact des émissions atmosphériques peut se traduire par une simplification de la structure des forêts touchant en premier lieu les arbres en lisière. Il s'ensuit un éclaircissement et une réduction du nombre d'arbres et arbustes du sous-bois.
- 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 différent niveau.

Par ailleurs, la mesure de l'activité chlorophyllienne donne des informations sur l'état de stress des plantes dans l'écosystème.

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.

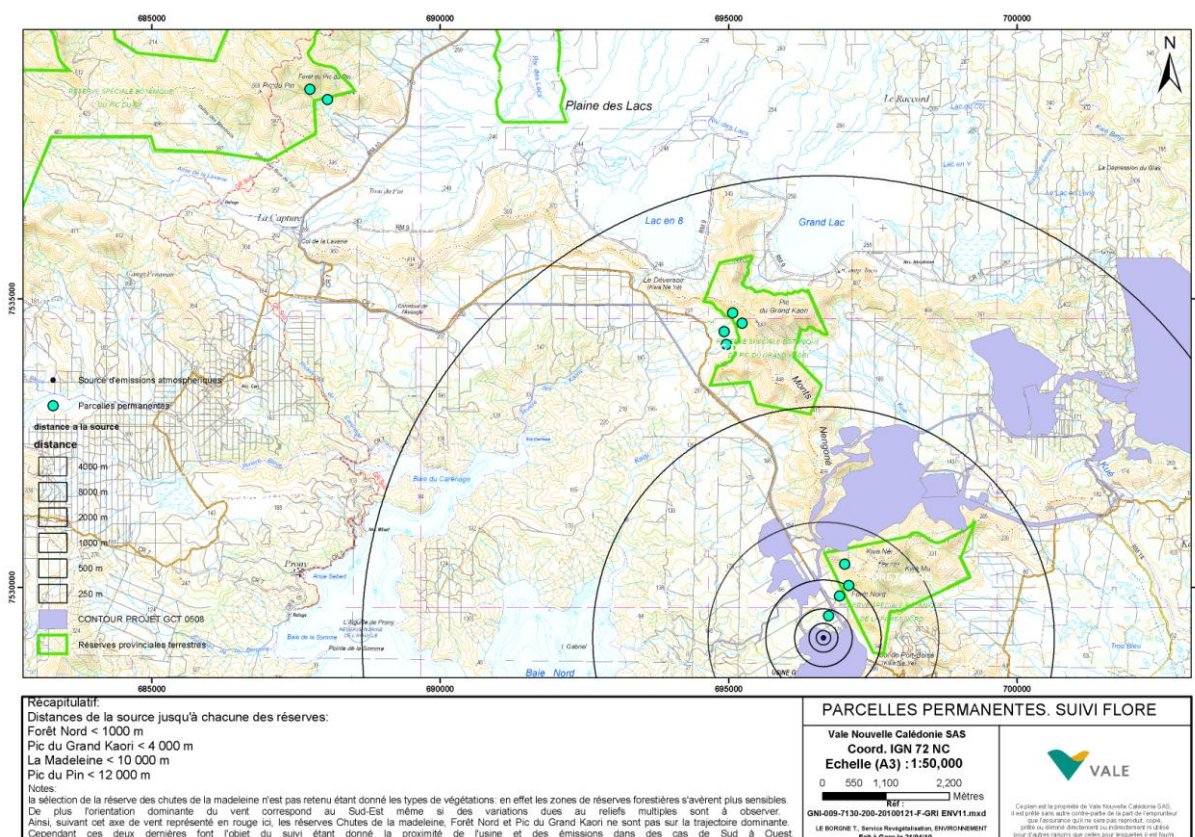


Figure 2 : Localisation des parcelles en Forêt-Nord, au Pic du Grand Kaori et au Pic du Pin

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
PGK 4	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 2 : 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 Mise en place des parcelles

La mise en place des parcelles en Forêt-Nord a été effectuée le 7 novembre 2006. Les quatre parcelles du Pic du Grand Kaori ont été mises en place le 3 juillet 2007. Les deux parcelles de la station témoin du Pic du Pin ont été mises en place en décembre 2009.

Dispositif et réplication des parcelles et des placettes sur chaque station

Le dispositif et la réplication des parcelles de chaque station ont été établis selon le protocole de Frank Murray (Murray 2004). L'hypothèse de départ est qu'en cas de pollution ou d'atteinte à la végétation l'impact serait proportionnel à l'exposition à la source d'émission.

Ainsi, quatre parcelles de 400m² (5m x 80m) ont été établies selon le placement de type "croisé" avec le paramètre distance en Forêt-Nord et Pic du Grand Kaori. Seulement deux parcelles de 400m² ont été installées dans la forêt témoin du Pic du Pin.

Dans chaque parcelle, 6 placettes de 10m² (5m x 2m), 8 placettes de 4m² (2m x 2m) et 8 placettes de 1m² ont été installées selon le dispositif décrit au tableau 2.

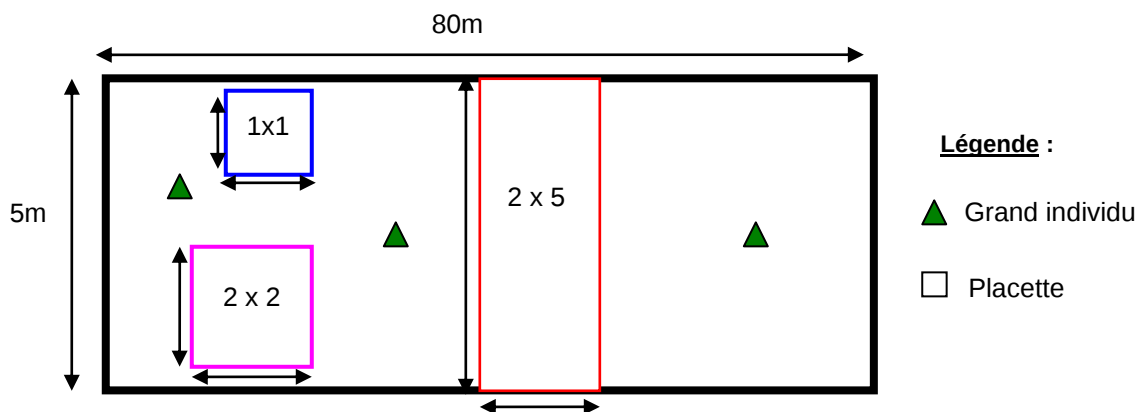


Figure 3 : Schéma du dispositif des placettes de 1x1m, 2x2m et 2x5m

Dispositif & nombre	Composition & Diversité	Structure forestière	Santé	Sol, litière et feuilles pour analyses chimiques	Couverture totale par station
Parcelles 400m ² x 4	Identification des individus > 10cm (d.b.h) et nombre.	-Diamètre des individus > 10cm (d.b.h). -Nombre de tiges de > 10cm (d.b.h). ARBRES	-Prélèvement de feuilles pour mesure de fluorescence chlorophyllienne	Prélèvement de 10 échantillons de sol, 10 échantillons de litière et 8 échantillons de feuilles sur des individus de 5 espèces communes à la parcelle.	1600m ²
Parcelles 10m ² x 6	Identification des individus > 1 mètre de hauteur et < 10cm (d.b.h) et nombre.	-Diamètre des individus > 1 mètre de hauteur et < 10cm (d.b.h). -Nombre de tiges individus > 1 mètre de hauteur et < 10cm (d.b.h). STRATE ARBUSTIVE HAUTE	-Mesure de fluorescence chlorophyllienne sur une feuille par arbuste. -Observation de maladies et attaques par éléments pathogènes.	NA	240m ²
Parcelles 4m ² x 8	Identification des individus > 20cm <1 mètre de hauteur et nombre.	-Hauteur des individus > 20cm <1 mètre de hauteur. -Nombre de tiges individus > 20cm <1 mètre de hauteur. STRATE ARBUSTIVE BASSE	Mesure de fluorescence chlorophyllienne sur une feuille par arbuste. -Observation de maladies et attaques par éléments pathogènes.	NA	128m ²
Parcelles 1m ² x 8	Identification des individus < 20cm de hauteur et nombre.	-Hauteur des individus < 20cm de hauteur. - Nombre de tiges < 20cm de hauteur. STRATE HERBACEE	-Mesure de fluorescence chlorophyllienne sur une feuille par arbuste ou plantule. -Observation de maladies et attaques par éléments pathogènes.	NA	32m ²

Tableau 3 : Mesure des parcelles et des placettes

Critères biologiques de disposition des parcelles et placettes

Chaque parcelle de 5 x 80m a été placée perpendiculairement à la pente dans une végétation où la canopée et le sous-bois sont représentatifs des alentours et homogènes dans leur composition et leur structure floristique.

Critères de balisage des placettes et d'étiquetage des plantes

Les placettes de 10m², 4m² et 1m² ont été balisées avec du fil bleu ou jaune pour délimiter les zones d'étude et localiser les plantes à mesurer. Toutes les plantes des placettes et parcelles ont été étiquetées avec des étiquettes bleues (parcelle, numéro) pour permettre leur suivi à long terme.



Figure 4 : Balisage d'une placette de 2mx2m sur la parcelle FN3 en Forêt-Nord



Figure 5 : Balisage d'une placette de 1mx1m sur la parcelle PGK3 au Pic du Grand Kaori



Figure 6 : Etiquetage des plantules



Figure 7 : Etiquetage des arbres

2.2 Quantification de la structure floristique des plantes

Quantification de la composition floristique et indice de diversité

Toutes les plantes étiquetées ont été identifiées selon la matière végétale disponible. Des échantillons végétatifs adultes (stériles ou fertiles) ont été récoltés sur les parcelles et comparés avec ceux de la collection de référence dans l'herbier de l'IRD à Nouméa. Les plantes et plantules de < 1m de hauteur des placettes de 4m² et 1m² ont été identifiées en général jusqu'au niveau genre en l'absence de fleur ou de fruit.

Les informations sur la composition floristique des parcelles ont été ensuite saisies dans une base de données pour générer un indice de diversité. L'indice de diversité adopté est l'indice de Shannon utilisé par Jaffré & Veillon (1989 & 1991) et Munzinger *et al* (2008) pour décrire la diversité taxonomique des formations forestières en Nouvelle-Calédonie. Cet indice permet de quantifier l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu étudié et donc d'observer une évolution au cours du temps. Les valeurs vont de 0 à 4 en fonction de la diversité biologique croissante.

La formule de Shannon est la suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

H' : indice de biodiversité de Shannon

i : une espèce du milieu d'étude

p_i : Proportion d'une espèce *i* par rapport au nombre total d'espèces (S) dans le milieu d'étude (ou Richesse spécifique du milieu), qui se calcule de la façon suivante :

où n_i est le nombre d'individus pour l'espèce

i et N sont l'effectif total

(les individus de toutes les espèces)

$$p(i) = n_i / N$$

Il est possible de choisir arbitrairement la base du logarithme¹ et on trouve donc souvent dans la littérature scientifique *log* ou *log de base 2* à la place de *ln*.

Les valeurs de l'indice Shannon ont été comparées entre les parcelles des stations pour obtenir des valeurs quantitatives de leur biodiversité.

L'Indice d'équitabilité (EH) a aussi été déterminé pour les parcelles. Cette indice représente le rapport de H' à l'indice maximal théorique dans le peuplement (Hmax). Cet indice peut varier de 0 à 1, il est maximal quand les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement et il est minimal quand une seule espèce domine tout le peuplement. Insensible à la richesse spécifique, l'EH est très utile pour comparer les dominances potentielles entre stations et leur évolution au cours du temps.

Mesures de structure forestière

Les mesures de structure forestière varient selon la taille de la placette. La hauteur des plantes a été mesurée pour les placettes de 1m² et 4m² à l'aide d'une règle graduée en centimètres. Une mesure du

diamètre a été effectuée pour les plantes > 1m de hauteur sur les placettes de 10m² et pour celles de > 10cm de diamètre sur les parcelles de 400m². La mesure de diamètre a été effectuée à 1,3m du sol (diamètre au niveau de la poitrine = diameter at breast height ; d.b.h) avec un pied à coulisse gradué en millimètres pour les individus < 10cm de diamètre et un ruban forestier gradué en centimètres pour les individus > 10 cm de diamètre. Les informations sur les diamètres des tiges ont été ensuite rassemblées par placette et parcelle pour obtenir les volumes basaux en biomasse aérienne selon la formule utilisée par le Service des forêts de la Direction du développement rural de la Nouvelle-Calédonie pour évaluer le cubage des diverses essences forestières endémiques. La formule pour le volume basal (V) de diverses essences forestières endémiques est la suivante :

$$V = ((C/\pi^2) \times 5.093293) + 0.210357) \times D$$

où C = la circonférence et la densité D du bois estimé à 0,75 tonne par mètre cube.

La hauteur des arbres et des arbustes a été extrapolée pour ceux dont on détenait la mesure de diamètre en se basant sur l'hypothèse qu'un plant de 10 cm de diamètre peut atteindre une hauteur de 10m. Cette hypothèse sur la hauteur des individus a été plafonnée à la hauteur des différentes strates.

Les calculs de changement annuel en biomasse aérienne n'ont pas été effectués en raison de la croissance lente des arbres et des arbustes en milieu forestier sur latérite, cependant une comparaison annuelle a été faite sur le nombre de plants des placettes de 1m² pour évaluer l'évolution structurelle des placettes ainsi que le stade végétal le plus sensible à des changements de condition de vie.



Figure 8 : Mesure de diamètre avec un pied à coulisse



Figure 9 : Mesure de circonférence avec un ruban forestier gradué

2.3 Mesures de la santé des plantes

Observations

Des maladies, malformations ou attaques d'éléments pathogènes ont été observées sur le feuillage des individus étiquetés < 2m de hauteur. Les feuilles ont également été récoltées par échenilloir télescopique sur les arbres de diamètre > 10cm pour évaluer leur état de santé. Les informations recueillies ont été saisies dans la base de données et comparées avec les données de suivi annuel pour estimer leur évolution.

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 10 : Plantes numérotées avec dispositif de clip pour les mesures de fluorimétrie



Figure 11 : Mesure de fluorescence chlorophyllienne avec un fluorimètre portable

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

Critères et techniques de prélèvement

10 échantillons de 200 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 500 grammes). 13 espèces (*Cleistanthus stipitatus*, *Cupaniopsis macrocarpa* var. *macrocarpa*, *Dysoxylum canaliculatus*, *Elaeocarpus speciosus*, *Ficus austrocaledonica*, *Garcinia neglecta*, *Gardenia aubreyi*, *Macaranga alchorneoides*, *Meryta coriacea*, *Pagianta cerifera*, *Sparattosyce dioica* et *Xylopia veillardii*) ont été retenues comme représentatives des arbres communs de Forêt-Nord. 6 espèces (*Cordia 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*, *Cordia 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 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. Des photographies de chaque espèce utilisée pour les analyses foliaires sont présentées en Annexe 1.

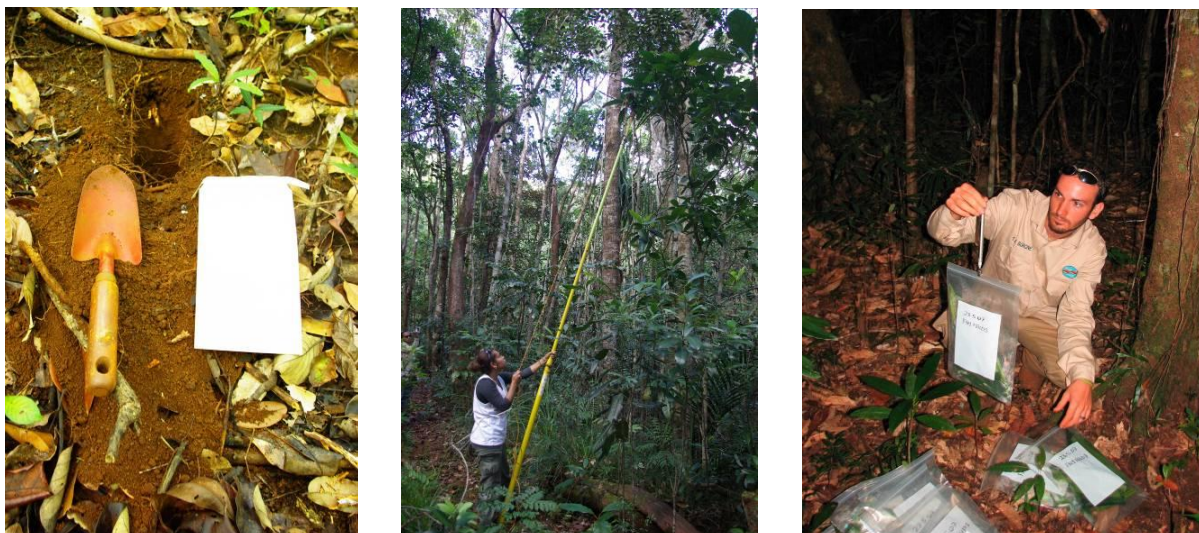


Figure 12 : Dispositif (truelle & sachet en papier) pour l'échantillonnage de sol (gauche) ; prélèvement des feuilles avec un échenilloir télescopique (centre) ; pesée de chaque échantillon de feuille (droite)

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 NOx 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.

2.5 Traitement des données

Les mesures concernant la diversité et la structure (nombre), la santé (fluorimétrie) et les conditions chimiques des parcelles et placettes répliquées selon les recommandations du rapport Murray (2004) ont généré une base de données conséquente sur l'état de santé initial des stations. 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 diversité par strate pour la Forêt-Nord et le Pic du Grand Kaori.
- Synthèse du nombre d'individus et de la biomasse aérienne (volume) par strate pour la Forêt-Nord et le Pic du Grand Kaori.
- Histogramme de synthèse montrant la variation du nombre de plantes sur les placettes 1m² entre T0 et T1 selon l'altitude à la Forêt-Nord et au Pic du Grand Kaori.
- 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 (sol, litière et feuilles). 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 par élément de la litière de Forêt-Nord et du Pic du Grand Kaori, entre T0, T1 et T2. MANOVA
- Comparaison des teneurs par élément de la litière de Forêt-Nord et du Pic du Grand Kaori selon l'altitude. MANOVA
- Comparaison des teneurs par élément dans le sol de Forêt-Nord et du Pic du Grand Kaori, entre T0, T1 et T2. MANOVA
- Comparaison des teneurs par élément dans le sol de Forêt-Nord et du Pic du Grand Kaori, selon l'altitude. MANOVA
- Comparaison des teneurs par élément dans les feuilles des espèces communes en Forêt-Nord et au Pic du Grand Kaori, entre T0, T1 et T2 (*Pandanus balansae*, *Meryta coriacea*). MANOVA.

2.6 Fréquence d'échantillonnage et données disponibles

Le protocole établi selon les recommandations de Murray (2004) a été mis en place en novembre 2006 en Forêt-Nord. Cette mise en œuvre a permis d'évaluer la durée et les moyens techniques nécessaires au suivi des parcelles. Le retour d'expérience a montré que l'identification et la mesure physique des individus et de l'activité photosynthétique des 4 parcelles de la Forêt Nord ont requis l'intervention d'une équipe de 4 personnes pendant un mois (156 heures) avec des conditions météorologiques favorables. Il a donc été décidé avec les autorités compétentes d'effectuer le suivi des parcelles à une fréquence annuelle et non semestrielle, comme prévu initialement à partir de 2007, notamment en raison des conditions météorologiques particulières du site.

Par ailleurs, Vale Nouvelle-Calédonie a passé une convention dès 2006 avec l'IRD (LAMA) de Nouméa pour la réalisation des analyses chimiques. Il s'est avéré qu'à défaut de compétence locale et d'équipement adapté, l'IRD de Nouméa a externalisé ses travaux d'analyse à d'autres laboratoires de l'IRD extérieurs au Territoire (Sénégal, Guyane Française), engendrant ainsi des délais de plus d'un an avant l'obtention des résultats des analyses

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

Tableau 4 : Données disponibles pour le suivi des parcelles en 2006, 2007, 2008 et 2009

3. RÉSULTATS

3.1 Diversité floristique des stations

Diversité floristique des parcelles permanentes		FN4	FN1	FN2	FN3
Données générales	Altitude (m)	179	185	243	287
	Nombre d'espèces	80	93	37	64
	Nombres individus recensées	529	642	303	218
	Indice de biodiversité Shannon Weiner (H)	3,446	3,816	2,775	3,762
	Indice d'Equitabilité de répartition des espèces (EH)	0,549	0,59	0,485	0,698
Strate arbre > 10cm dbh,	Nombre d'espèces	32	24	11	27
	Nombres individus recensées	41	43	19	52
Strate arbre >1<10cm dbh,	Nombre d'espèces	37	51	20	36
	Nombres individus recensées	255	276	102	214
Strate arbuste< 1m hauteur	Nombre d'espèces	40	52	17	22
	Nombres individus recensées	417	516	289	73
Strate herbacée < 20cm hauteur	Nombre d'espèces	24	33	20	14
	Nombres individus recensées	200	337	111	33

Tableau 5 : Nombre d'espèces selon la strate, l'indice de diversité Shannon Weiner (H) et l'indice d'Equitabilité (EH) - Forêt-Nord

Diversité floristique des parcelle permanentes		PGK1	PGK2	PGK4	PGK3
Données générales	Altitude (m)	240	250	315	330
	Nombre d'espèces	96	106	90	88
	Nombres individus recensées	369	363	243	443
	Indice de biodiversité Shannon Weiner (H)	4,037	4,200	4,052	3,677
	Indice d'Equitabilité de répartition des espèces (EH)	0,683	0,712	0,737	0,603
Strate arbre > 10cm dbh,	Nombre d'espèces	28	29	27	30
	Nombres individus recensées	48	47	43	48
Strate arbre >1<10cm dbh,	Nombre d'espèces	27	55	50	54
	Nombres individus recensées	230	208	168	236
Strate arbuste< 1m hauteur	Nombre d'espèces	42	46	30	41
	Nombres individus recensées	221	225	116	283
Strate herbacée < 20cm hauteur	Nombre d'espèces	27	34	18	29
	Nombres individus recensées	156	164	91	229

Tableau 6 : Nombre d'espèces selon la strate, l'indice de diversité Shannon Weiner (H) et l'indice d'Equitabilité (EH) -Pic du Grand Kaori

Les inventaires floristiques des parcelles indiquent qu'en général celles du Pic du Grand Kaori contiennent plus d'espèces que celles de la Forêt-Nord. Cette différence est marquante pour la strate d'arbres >1 cm<10cm dbh qui est en général deux fois plus riche en espèces au Pic du Grand Kaori. A l'échelle des stations, les valeurs du nombre d'espèces, les indices de Shannon-Weiner et d'Equitabilité montrent plusieurs tendances. Pour la station de Forêt-Nord ces tendances sont les suivantes :

- Le nombre d'espèces est plus important dans la strate arbuste que dans les autres strates.
- La diversité, le nombre d'espèce et le nombre d'individus sont plus élevés sur les parcelles (FN4 et FN1) des zones colluviales hors périmètre de la Réserve de Forêt-Nord que sur les parcelles sur piedmont à des altitudes supérieures qui contiennent des affleurements d'éboulis.
- L'indice de Shannon-Weiner de la parcelle FN2 est moins élevé que sur les autres parcelles en raison de la présence d'un grand nombre de *Macaranga alchorneoides*, ce qui est quasiment mono-spécifique des sols d'éboulis. De plus, l'indice d'Equitabilité est moins élevé, ce qui indique une végétation simplifiée par la surabondance de cette espèce.

Pour la station du Pic du Grand Kaori :

- Les différences de diversité, de nombre d'individus indice de Shannon Weiner et d'Equitabilité selon l'altitude sont moins apparentes qu'en Forêt-Nord.
- Le nombre d'espèces est plus important dans la strate arbuste que dans les autres strates.

3.2 Structure végétale des parcelles

Biomasse aérienne des parcelles en Forêt-Nord

Structure des parcelles permanentes			FN4	FN1	FN2	FN3
	Altitude (m)		179	185	243	287
Strate arbre > 10cm dbh,	Nombre		41	43	19	52
	Hauteur (m)		18	18	25	17
	Diamètre	Max (cm)	61	43	109	47
		Moyenne (cm)	18,25	18,24	36,13	17,63
		Ecartype (cm)	9,89	8,25	28,18	7,35
		Total (m3)	9,17	9,61	8,38	11,24
	Volume	Moyenne (m3)	0,22	0,22	0,44	0,22
		Ecartype (m3)	0,12	0,10	0,34	0,89
Strate arbre > 1<10cm dbh,	Nombre		255	276	102	214
	Hauteur	Moyenne (cm)	182,00	200,30	181,00	336,20
		Ecartype (cm)	168,00	260,80	139,90	238,20
		Max (cm)	8,70	10,00	5,80	13,50
	Diamètre	Moyenne (cm)	2,05	2,00	1,81	3,36
		Ecartype (cm)	1,88	2,61	1,40	2,38
		Total (m3)	6,32	7,16	2,41	9,10
	Volume	Moyenne (m3)	0,03	0,03	0,02	0,04
		Ecartype (m3)	0,02	0,03	0,02	0,03
Strate arbuste < 1m hauteur	Nombre		417	516	289	73
	Hauteur	Moyenne (cm)	42,98	35,15	41,06	47,17
		Ecartype (cm)	21,80	17,44	17,23	22,49
		Max (cm)	0,98	1,00	0,80	0,98
	Diamètre	Moyenne (cm)	0,44	0,36	0,41	0,47
		Ecartype (cm)	0,21	0,17	0,17	0,22
		Total (m3)	2,84	3,02	1,90	0,53
	Volume	Moyenne (m3)	0,01	0,01	0,01	0,01
		Ecartype (m3)	0,00	0,00	0,00	0,00
Strate herbacée < 20cm hauteur	Nombre		200	337	111	33
	Hauteur	Moyenne (cm)	11,97	12,51	12,42	11,19
		Ecartype (cm)	3,66	4,39	4,51	4,17

Tableau 7 : Structure et biomasse aérienne de différentes strates - Forêt-Nord

Les valeurs de biomasse aérienne des parcelles de Forêt-Nord montrent plusieurs similitudes :

- La hauteur de la végétation est en général semblable entre les parcelles pour les strates <10cm de diamètre avec une hauteur moyenne de 230 cm pour la strate > 1cm dbh, 42 cm pour la strate <1m de hauteur et 11,8cm pour la strate herbacée.
- Le diamètre (cm) et le volume de biomasse (T) des arbres sont semblables entre les parcelles pour les classes > 1cm (18cm/0,22m3) et >10cm (2cm/0,03m3) de dbh.

Les différences marquantes sont les suivantes :

- La parcelle FN2 est représentée par moins d'arbres avec un diamètre et une hauteur maximums supérieurs aux autres parcelles.
- La biomasse aérienne des strates inférieures <10cm est moins volumineuse que dans les autres parcelles.

Biomasse aérienne des parcelles au Pic du Grand Kaori

Structure des parcelles permanentes			PGK1	PGK2	PGK4	PGK3
Strate arbre > 10cm dbh,	Altitude (m)		240	250	315	330
	Nombre		48	47	43	48
	Hauteur (m)		18	20	18	20
		Max (cm)	44,56	38,19	56,18	66,84
	Diamètre	Moyenne (cm)	21,39	19,04	23,07	20,65
		Ecartype (cm)	9,00	7,80	11,73	12,65
		Total (m3)	12,57	10,97	12,14	12,14
	Volume	Moyenne (m3)	0,26	0,23	0,28	0,25
		Ecartype (m3)	0,11	0,09	0,14	0,15
Strate arbre >1<10cm dbh,	Nombre		230	208	168	236
	Hauteur	Moyenne (cm)	164,28	281,81	329,36	267,57
		Ecartype (cm)	126,90	204,91	247,87	797,75
		Max (cm)	9,20	8,90	10,40	8,50
	Diamètre	Moyenne (cm)	1,64	2,80	3,27	2,66
		Ecartype (cm)	1,28	1,36	2,50	7,98
		Total (m3)	4,82	7,43	6,96	8,02
	Volume	Moyenne (m3)	0,02	0,04	0,04	0,03
		Ecartype (m3)	0,02	0,02	0,03	0,10
Strate arbuste< 1m hauteur	Nombre		221	225	116	283
	Hauteur	Moyenne (cm)	47,77	39,71	50,90	44,67
		Ecartype (cm)	19,25	19,13	24,02	20,88
		Max (cm)	0,87	0,96	1,09	0,87
	Diamètre	Moyenne (cm)	0,48	0,40	0,51	0,45
		Ecartype (cm)	0,19	0,19	0,24	0,21
		Total (m3)	1,63	1,44	0,90	1,98
	Volume	Moyenne (m3)	0,01	0,01	0,01	0,01
		Ecartype (m3)	0,00	0,00	0,00	0,00
Strate herbacée < 20cm hauteur	Nombre		156	164	91	229
	Hauteur	Moyenne (cm)	12,95	11,91	15,16	14,37
		Ecartype (cm)	3,62	4,78	4,21	5,35

Tableau 8 : Structure et biomasse aérienne de différentes strates - Pic du Grand Kaori

Les valeurs de biomasse aérienne des parcelles du Pic du Grand Kaori montrent plusieurs similitudes :

- La hauteur et le diamètre des arbres pour la strate d'arbres > 10 cm de dbh ainsi que leur volume sont semblables entre les parcelles.
- La hauteur et le diamètre des arbustes < 1 mètre de hauteur ainsi que leur volume sont semblables entre les parcelles.
- La hauteur de la strate herbacée est semblable entre les parcelles.

Il existe des différences entre les parcelles :

- Les parcelles PGK 3 et PGK 4 sont représentées par des arbres de plus grand diamètre que sur PGK1 et PGK 2 pour la strate > 10 cm de dbh.
- Les arbres de la strate >1cm<10cm dbh sont en général plus hauts sur les parcelles de piedmont et de pente (PGK 2, PGK 3, PGK 4) que sur PGK 1.
- Il y a nettement moins d'individus dans la strate d'arbustes < 1mètre de hauteur sur le PGK 4 que sur les autres parcelles, ce qui engendre aussi des valeurs de volume aérien inférieures aux autres parcelles.

Mortalité des plantules

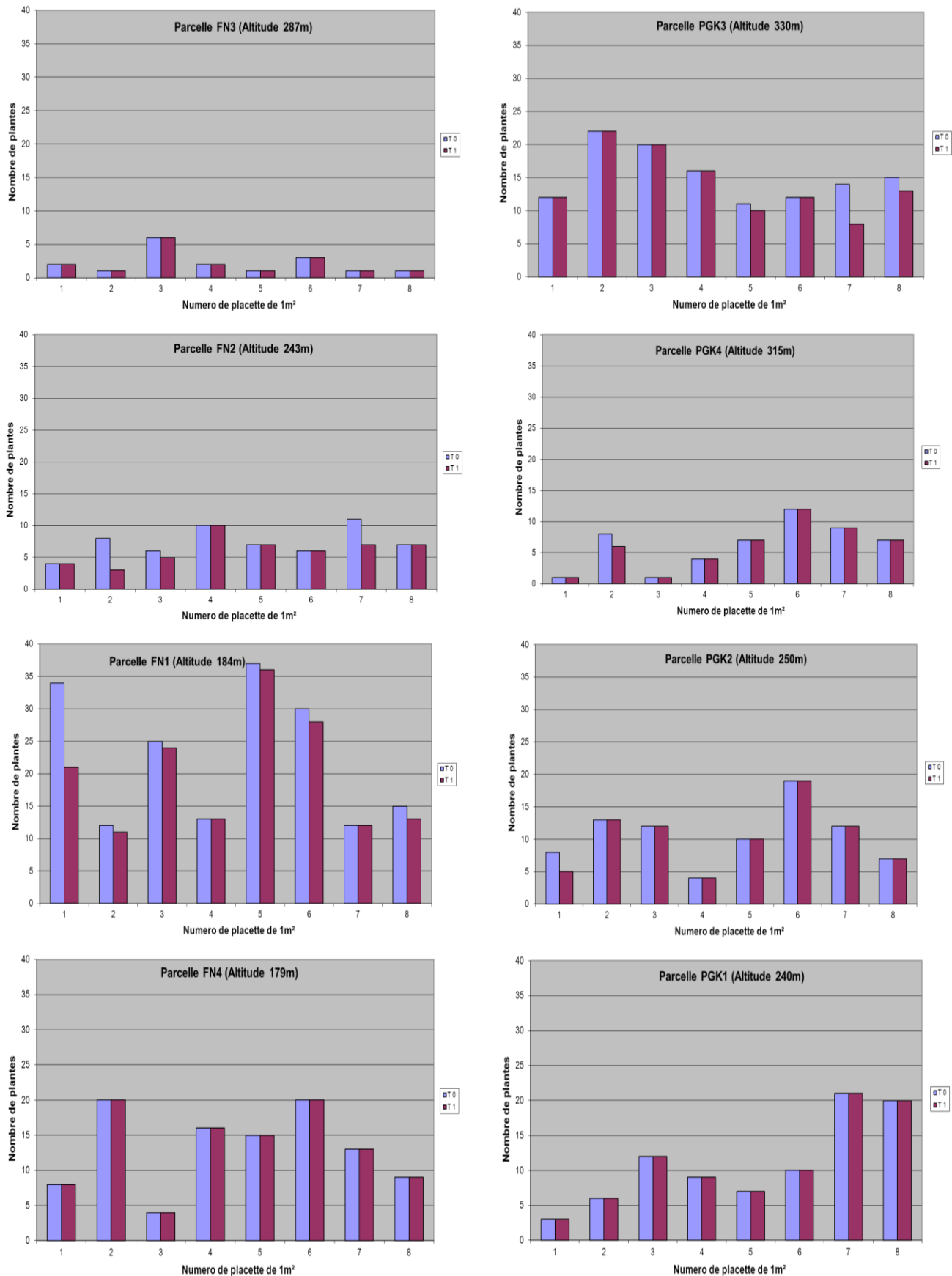


Figure 13 : Nombre de plantules sur T0 et T1 selon l'altitude - Forêt-Nord (gauche) et Pic du Grand Kaori (droite)

Le comptage du nombre de plantules sur les placettes de 1 m² montre des similitudes et des différences entre la Forêt-Nord et le Pic du Grand Kaori :

- Les plantules sont plus nombreuses sur les parcelles de plaine que sur les parcelles de pente sur les deux stations.
- Il existe très peu de changement dans le nombre de plantules sur les parcelles des deux stations au bout d'un an.
- La mortalité est plus marquée sur FN 1 que sur les autres parcelles de Forêt-Nord au bout d'un an.

3.3 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

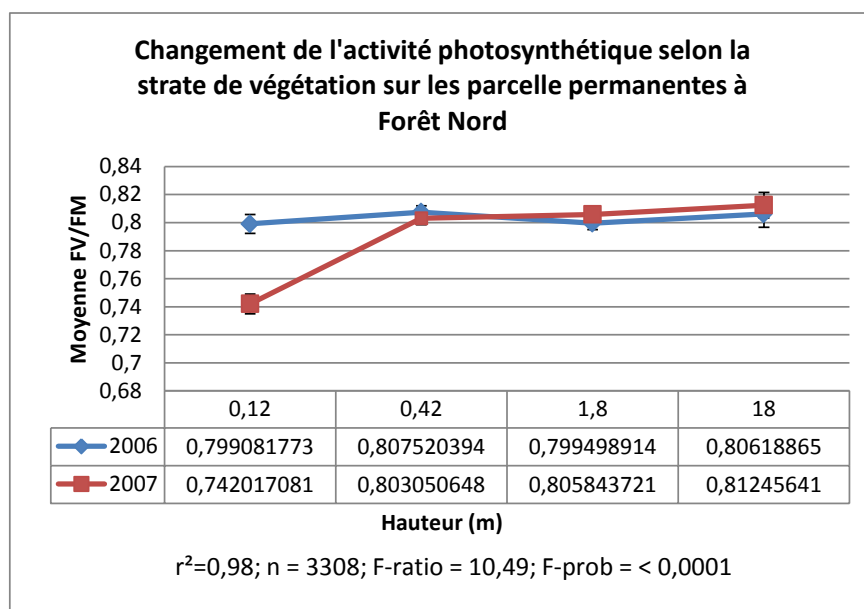


Figure 14 : ANOVA (fluorimétrie) des strates de T0 et T1 - Forêt-Nord

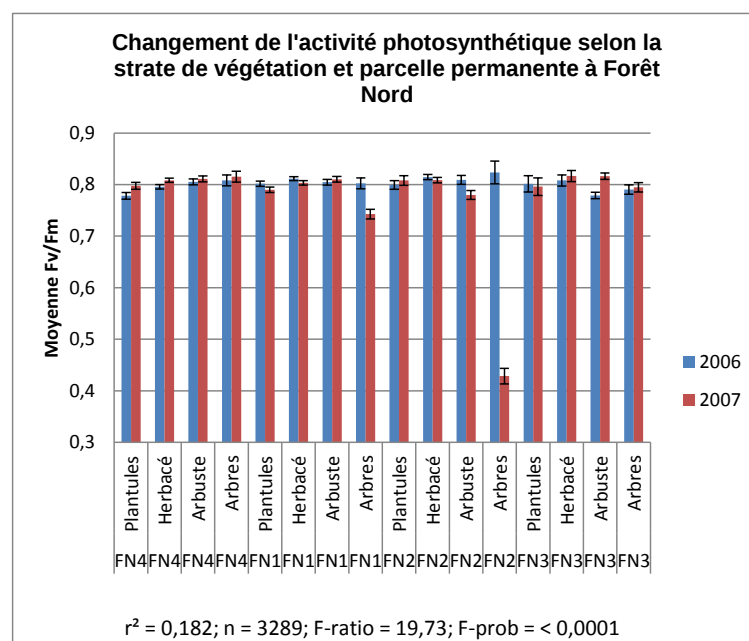


Figure 15 : ANOVA (fluorimétrie) des strates de T0 et T1 - Forêt-Nord

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.

Fluorimétrie de la végétation par strate sur les parcelles du Pic du Grand Kaori

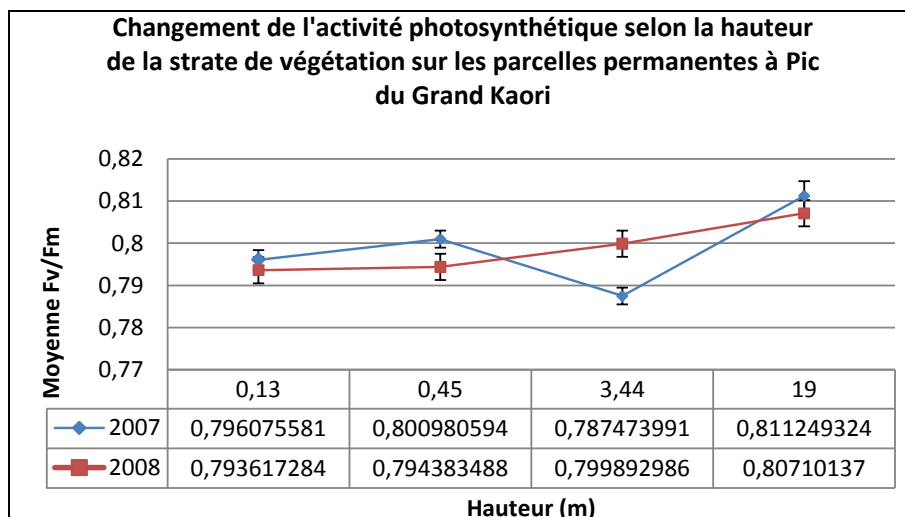


Figure 16 : ANOVA (fluorimétrie) des strates de T0 et T1 - Pic du Grand Kaori

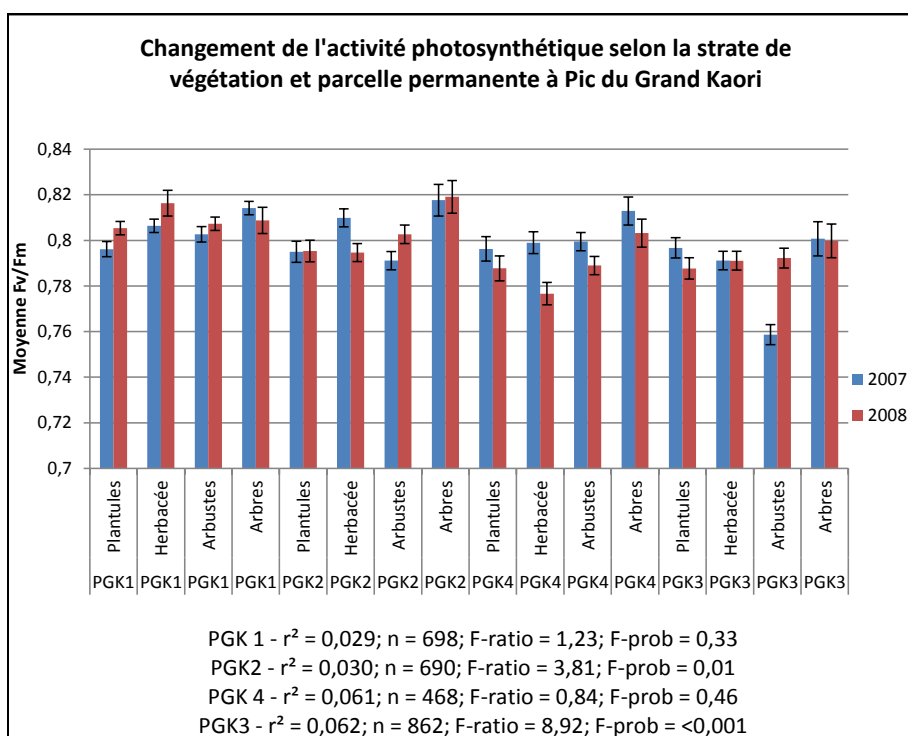


Figure 17 : ANOVA (fluorimétrie) des strates de T0 et T1 - pic du Grand Kaori

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

- La strate arbre (19 mètres) a les valeurs de fluorimétrie les plus élevées.
- Il y a eu une diminution significative des valeurs de fluorimétrie sur la strate herbacée sur PGK 2 entre T0 et T1.
- Il y a eu une augmentation significative des valeurs de fluorimétrie sur la strate arbre sur PGK 3 entre T0 et T1.

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

Genre/Espèce	FN4		FN1		FN2		FN3	
	Nombre	FV/FM	Nombre	FV/FM	Nombre	FV/FM	Nombre	FV/FM
<i>Agathis lanceolata</i>	1	0,837	1	0,829			3	0,828
<i>Alphitonia neocaledonica</i>	1	0,833	1	0,835				
<i>Alstonia</i> sp.					1	0,813		
<i>Alyxia</i> sp.	5	0,803	6	0,835			1	0,824
<i>Amphorogyne spicata</i>							2	0,810
<i>Apodytes clusiifolia</i>							2	0,815
<i>Archidendropsis granulosa</i>	99	0,794	27	0,817	56	0,816	3	0,779
<i>Atractocarpus pseudo terminalis</i>			1	0,800				
<i>Atractocarpus</i> sp.	10	0,806	1	0,827	1	0,786		
<i>Austrobuxus pauciflorus</i>			1	0,810				
<i>Austrobuxus</i> sp.							1	0,796
<i>Balanops cf. veillardii</i>	1	0,815	11	0,783				
<i>Basselinia pancheri</i>							2	0,774
<i>Beccariella</i> sp.	1	0,826						
<i>Bocquillonina rhomboidea</i>	12	0,813	21	0,806				
<i>Bureavella endichleri</i>					1	0,805		
<i>Bureavella</i> sp.	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			1	0,827	9	0,784
<i>Canarium oleiferum</i>	3	0,807					1	0,739
<i>Casearia puberula</i>			1	0,821			7	0,772
<i>Cerberiopsis candelabra</i>	1	0,848					4	0,793
<i>Chambeyronia macrocarpa</i>	1	0,790						
<i>Chionanthus brachystachys</i>	1	0,818	3	0,802			1	0,821
<i>Cleidion veillardii</i>	3	0,787					3	0,802
<i>Cleistanthus stipitatus</i>	22	0,809	12	0,826				
<i>Codia arborea</i>							7	0,776
<i>Codia discolor</i>							2	0,761
<i>Codia Jaffréi</i>							3	0,796
<i>Comptonella</i> sp.	1	0,820						
<i>Cordyline neocaledonica</i>	3	0,785	4	0,811	6	0,819	1	0,807
<i>Crossostylis grandiflora</i>			2	0,832	2	0,811		
<i>Cryptocarya cf. transversa/guillauminii</i>	1	0,817						
<i>Cryptocarya</i> sp.	38	0,792	17	0,809	24	0,809	9	0,785
<i>Cunonia</i> sp.			3	0,835				
<i>Cupaniopsis cf. sylvatica</i>			1	0,818				
<i>Cupaniopsis macrocarpa var macrocarpa</i>			2	0,758				
<i>Cupaniopsis myrmoctona</i>			1	0,805				
<i>Cupaniopsis oedipoda</i>	1	0,809	1	0,845				
<i>Cupaniopsis</i> sp.	29	0,799	79	0,808	48	0,805		
<i>Cyphokentia macrostachya</i>	1	0,808						
<i>Delabrea longicarpa</i>	20	0,789					1	0,829
<i>Deplanchea speciosa</i>							2	0,811
<i>Dicarpellum</i> sp.	1	0,797						
<i>Diospyros olen</i>	3	0,815						
<i>Diospyros</i> sp.	9	0,821	3	0,829			10	0,775
<i>Dysoxylum cf. minutiflorum</i>			1	0,818				
<i>Dysoxylum rufescens rufescens</i>	1	0,829	1	0,812				
<i>Dysoxylum rufescens subsp. dzumacenses</i>			6	0,808				
<i>Dysoxylum</i> sp.	5	0,780	8	0,808	6	0,814	10	0,785
<i>Elaeocarpus leratii</i>			4	0,819				
<i>Elaeocarpus</i> sp.			6	0,824			2	0,803
<i>Elaeocarpus yateensis</i>							2	0,787
<i>Endiandra</i> sp.			3	0,805				
<i>Euroschinus elegans</i>							4	0,793
<i>Euroschinus</i> sp.							1	0,793
<i>Ficus cf. prolixa</i>			1	0,835				
<i>Ficus cf. webbiana</i>			1	0,805				
<i>Ficus dzumacense</i>					1	0,827		
<i>Ficus habrophylla</i>					1	0,840		
<i>Ficus</i> sp.					13	0,814	8	0,778
<i>Flindersia fourrieri</i>	2	0,827						
<i>Freycinetia</i> sp.			8	0,795	1	0,791		
<i>Garcinia balansae</i>			19	0,806	1	0,793	1	0,756
<i>Garcinia neglecta</i>			16	0,807	1	0,814	5	0,774
<i>Garcinia</i> sp.	49	0,791	34	0,806	14	0,797	14	0,771
<i>Gardenia aubreyi</i>	8	0,785	1	0,827			3	0,782
<i>Geissois</i> sp.	2	0,845						
<i>Guettarda</i> sp.	1	0,793	5	0,786			1	0,818
<i>Guettarda wagapenses</i>	4	0,832	3	0,820				
<i>Guioa glauca</i>					1	0,826		
<i>Gymnostoma poissonianum</i>	1	0,839						
<i>Halfordia kendac</i>	2	0,814						
<i>Hedycarya parviflora</i>			3	0,802	1	0,769		
<i>Hibbertia pancheri</i>							1	0,780

Genre/Espèce	FN4		FN1		FN2		FN3	
	Nombre	FV/FM	Nombre	FV/FM	Nombre	FV/FM	Nombre	FV/FM
<i>Homalium</i> sp.	8	0,803	2	0,817			4	0,795
<i>Hugonia</i> sp.			1	0,810			1	0,814
<i>Hypserpa</i> sp.	5	0,817	4	0,803				
<i>Ilex sebertii</i>	2	0,782						
<i>Ixora comptonii</i>			8	0,827				
<i>Ixora Montana</i>			22	0,806				
<i>Ixora</i> sp.			3	0,820				
<i>Ixora yahuensis</i>	2	0,810	9	0,815	1	0,823		
<i>Lethedon</i> sp.	4	0,788	2	0,758			1	0,814
<i>Litsea</i> sp.							1	0,817
<i>Macaranga alchorneoides</i>			1	0,830	19	0,818		
<i>Maxwellia lepidota</i>	1	0,824						
<i>Meiogyne tiebagiensis</i>	12	0,819						
<i>Melicope</i> sp.	1	0,815	2	0,805				
<i>Meryta coriacea</i>	6	0,823	6	0,718			22	0,789
<i>Montrouziera gabriellae</i>							1	0,809
<i>Morierina montana</i>	1	0,679						
<i>Oxera</i> sp.			7	0,825				
<i>Pagiantha cerifera</i>	24	0,807	12	0,813			2	0,800
<i>Pandanus</i> sp.	7	0,776	6	0,788	3	0,797	1	0,687
<i>Periomphale balansae</i>	1	0,809						
<i>Phyllanthus caudatus</i>			1	0,733				
<i>Phyllanthus montis fontium</i>			1	0,820				
<i>Phyllanthus</i> sp.			5	0,809			3	0,837
<i>Pittosporum</i> sp.							5	0,800
<i>Planchonella</i> sp.	22	0,790	6	0,815				
<i>Planchonella thienensis</i>	1	0,805	5	0,814				
<i>Pleurocalyptus pancheri</i>							2	0,810
<i>Podocarpus lucienii</i>	3	0,846					2	0,815
<i>Podonephelium</i> sp.			1	0,807				
<i>Polyalthia nitidissima</i>	4	0,793	3	0,813				
<i>Polyscias dioica</i>			1	0,834				
<i>Polyscias</i> sp.							3	0,828
<i>Psychotria douarrei</i>			1	0,787				
<i>Psychotria</i> sp.	1	0,793	4	0,824			7	0,773
<i>Pycnantha chartacea</i>	1	0,872						
<i>Pycnantha</i> sp.	1	0,786			14	0,820		
<i>Rapanea cf. pronyensis</i>	2	0,774						
<i>Rapanea</i> sp.							3	0,805
<i>Rourea balanseana</i>	1	0,789	1	0,818			2	0,768
<i>Sarcomelicope simplicifolia</i>	3	0,800						
<i>Schefflera gordonii</i>	1	0,813	1	0,782			1	0,820
<i>Schefflera reginae</i>	3	0,802	7	0,801			1	0,824
<i>Schefflera</i> sp.	5	0,784	1	0,831	4	0,794	4	0,776
<i>Sloanea</i> sp.			1	0,842				
<i>Smilax</i> sp.	12	0,807	13	0,806	14	0,812		
<i>Sparattosyce dioica</i>			7	0,817	2	0,791	4	0,786
<i>Storckia pancheri</i>	2	0,733	1	0,833				
<i>Storthocalyx chryseus</i>			2	0,818				
<i>Storthocalyx leioneurus</i>			1	0,790				
<i>Storthocalyx</i> sp.	11	0,794	41	0,809	1	0,813	2	0,828
<i>Styphelia cymbulae</i>							1	0,837
<i>Syzygium arboreum</i>			1	0,801				
<i>Syzygium macranthum</i>			1	0,833				
<i>Syzygium multipetalum</i>							2	0,817
<i>Syzygium</i> sp.	10	0,792	16	0,765	13	0,816	4	0,771
<i>Tapeinosperma</i> sp.			1	0,820			4	0,795
<i>Tarenna</i> sp.	1	0,791						
<i>Tieghemopanax bracteata</i>			1	0,794				
<i>Vitex</i> sp.	2	0,827						
<i>Xanthomyrtus heighenensis</i>	2	0,826						
<i>Xylosma confusum</i>			1	0,806				
<i>Xylopi</i> sp.	1	0,786	23	0,788	27	0,800	1	0,817
<i>Xylopi</i> sp.			6	0,800				
<i>Xylosma</i> sp.	1	0,797	2	0,833				
<i>Zygogynum</i> sp.	6	0,799	3	0,822				
Nombre total individus	519		571		278		211	
Moyenne FV/FM		0,805		0,810		0,809		0,795

Tableau 9 : Fluorimétrie par espèce - Forêt-Nord

Fluorimétrie par espèce sur les parcelles du Pic du Grand Kaori (2007)

Genre ou Espèce	PGK1		PGK2		PGK3		PGK4	
	Nombre	FV/FM	Nombre	FV/FM	Nombre	FV/FM	Nombre	FV/FM
<i>Acropogon</i> sp.			1	0,742				
<i>Acsmithia meridionalis</i>	2	0,824			5	0,797	3	0,814
<i>Acsmithia</i> sp.			1	0,834				
<i>Agatea</i> sp.					1	0,789		
<i>Agathis lanceolata</i>	1	0,838	1	0,820	3	0,800		
<i>Alphitonia neocaledonica</i>	12	0,818	5	0,815	2	0,812		
<i>Alstonia</i> sp.					1	0,823		
<i>Alyxia</i> sp.			2	0,828				
<i>Apodytes clusiifolia</i>	3	0,807	4	0,773			1	0,808
<i>Archidendropsis granulosa</i>	19	0,822	5	0,812	16	0,790	2	0,819
<i>Arillastrum gummiferum</i>	2	0,758						
<i>Arthrophyllum</i> sp.			3	0,820				
<i>Atractocarpus ngoyensis</i>					1	0,800		
<i>Atractocarpus</i> sp.	13	0,794	7	0,802	1	0,716		
<i>Austrobuxus pauciflorus</i>					4	0,786	2	0,790
<i>Balanops cf. veillardii</i>							2	0,821
<i>Balanops pancheri</i>			2	0,808				
<i>Basselinia pancheri</i>			2	0,764	2	0,781		
<i>Beauprea montana</i>			1	0,833				
<i>Beauprea</i> sp.			1	0,833	1	0,787		
<i>Beccariella cf. azou</i>			3	0,811				
<i>Beccariella longipetiolata</i>			1	0,824				
<i>Beccariella</i> sp.	3	0,810	1	0,807				
<i>Bocquillonia rhomboidea</i>			6	0,806	10	0,748	4	0,808
<i>Bureavella endichleri</i>	3	0,814	5	0,813	8	0,778	2	0,812
<i>Bureavella</i> sp.			1	0,805			1	0,822
<i>Bureavella wakere</i>	1	0,812	9	0,810	7	0,786		
<i>Calophyllum caledonicum</i>	2	0,821	5	0,821	12	0,788	25	0,798
<i>Campecarpus fulcitus</i>			1	0,815				
<i>Casearia montana</i>	8	0,813	1	0,825	1	0,813		
<i>Casearia puberula</i>	1	0,827	7	0,809	5	0,817	4	0,811
<i>Casearia silvana</i>					3	0,731	1	0,811
<i>Cerberiopsis candelabra</i>	1	0,836	2					
<i>Chionanthus brachystachys</i>			1	0,799			2	0,809
<i>Cleidion veillardii</i>	1	0,789	1	0,810	20	0,755	8	0,796
<i>Codia Jaffréi</i>	15	0,797	14	0,796	2	0,795	2	0,835
<i>Codia cf. arborea</i>	4	0,831						
<i>Comptonella</i> sp.	1	0,809					1	0,826
<i>Cordyline neocaledonica</i>			1	0,782				
<i>Coronanthera pulcra</i>			3	0,824			2	0,801
<i>Cunonia</i> sp.			1	0,794			2	0,808
<i>Cupaniopsis oedipoda</i>			1	0,831				
<i>Cupaniopsis</i> sp.	8	0,811	3	0,800	24	0,737	1	0,827
<i>Cyclophyllum balansae</i>							2	0,814
<i>Cyclophyllum</i> sp.	1	0,813						
<i>Cyphokentia macrostachya</i>			1	0,801			2	0,813
<i>Delabrea longicarpa</i>	31	0,801	11	0,808	6	0,819		
<i>Deplanchea speciosa</i>	1	0,807	3	0,808	1	0,814	2	0,824
<i>Diospyros macrocarpa</i>	1	0,779			2	0,793	2	0,791
<i>Diospyros parviflora</i>					1	0,811		
<i>Diospyros</i> sp.	6	0,802	8	0,807	31	0,798	9	0,790
<i>Dysoxylum canaliense</i>			5	0,803				
<i>Dysoxylum rufescens rufescens</i>	1				1	0,786		
<i>Dysoxylum rufescens subsp. dzumacenses</i>								
<i>Dysoxylum</i> sp.	5	0,816	1	0,818	13	0,811	3	0,786
<i>Elaeocarpus</i> sp.	2	0,813			1	0,793	2	0,811
<i>Elaeocarpus speciosus</i>					1	0,798		
<i>Elaeocarpus yateensis</i>							2	0,809
<i>Endiandra</i> sp.	2	0,810	2	0,810	7	0,780	3	0,814
<i>Eugenia</i> sp.	4	0,799	14	0,804	3	0,803	2	0,775
<i>Euroschinus elegans</i>	1				3	0,802	1	0,805
<i>Euroschinus</i> sp.	1	0,847						
<i>Falcatifolium taxoides</i>			1	0,822				
<i>Ficus asperula</i>					1	0,540	2	0,826
<i>Ficus nitidifolia</i>							2	0,813
<i>Flindersia fourmieri</i>	6	0,815	2	0,784			1	0,807
<i>Garcinia balansae</i>	5	0,788			1	0,713		
<i>Garcinia faux balansae</i>	1	0,802					1	0,813
<i>Garcinia neglecta</i>							1	0,828
<i>Garcinia</i> sp.	4	0,789	24	0,794	47	0,783	13	0,793
<i>Gardenia aubreyi</i>	5	0,789	4	0,792	5	0,801	2	0,803
<i>Gastrolepis austrocaledonica</i>	3	0,811	5	0,804	2	0,807	3	0,824
<i>Geissois (cf. grp. balansae)</i>	1	0,823						
<i>Geissois</i> sp.	1	0,815	2	0,783				
<i>Geniostoma rupestre</i>					1	0,802	1	0,815
<i>Guettarda eximia</i>	5	0,806	7	0,763	3	0,807	5	0,821

Genre ou Espèce	PGK1		PGK2		PGK3		PGK4	
	Nombre	FV/FM	Nombre	FV/FM	Nombre	FV/FM	Nombre	FV/FM
<i>Guettarda platycarpa</i>	2	0,780			2	0,795		
<i>Guettarda speciosa</i>							1	0,800
<i>Guioa glauca</i>			1	0,825				
<i>Guioa villosa</i>	1	0,804			1	0,762		
<i>Hibbertia lucens</i>	1	0,843	4	0,841				
<i>Hibbertia pancheri</i>	2	0,851	1	0,844	2	0,810		
<i>Hibbertia sp.</i>			1	0,822				
<i>Homalium sp.</i>			1	0,635	3	0,818		
<i>Hugonia jenkinsii</i>			1	0,816				
<i>Hugonia sp.</i>					3	0,789		
<i>Hybanthus sp.</i>	15	0,673	1	0,778				
<i>Hypserpa sp.</i>			1	0,820	1	0,826	1	0,803
<i>Ixora cauliflora</i>								
<i>Ixora sp.</i>	1	0,825	3	0,816			2	0,739
<i>Lethedon sp.</i>	3	0,830						
<i>Melicope sp.</i>	1	0,771	1	0,816				
<i>Melicope vieillardii</i>	4	0,778					3	0,830
<i>Meryta coriacea</i>			8	0,745			1	0,788
<i>Montrouzieria gabriellae</i>	3	0,808	2	0,826	6	0,758		
<i>Montrouzieria sp.</i>			1	0,831			2	0,798
<i>Myodocarpus sp.</i>					2	0,735	1	0,840
<i>Neofranciella pterocarpon</i>	3	0,792	1	0,797	1	0,791	3	0,793
<i>Nothofagus aequilateralis</i>							1	0,807
<i>Ochrosia balansae</i>	7	0,809						
<i>Ochrosia sp.</i>	2	0,790			7	0,784	2	0,812
<i>Paglantha cerifera</i>	9	0,812	5	0,788	4	0,792	1	0,800
<i>Pandanus sp.</i>			4	0,820	1	0,802	1	0,807
<i>Phelline billardieri</i>	2	0,806			1	0,775		
<i>Phyllanthus sp.</i>	8	0,814	10	0,820	4	0,817		
<i>Piliocalyx laurifolia</i>	1	0,817						
<i>Piliocalyx sp.</i>			1	0,824				
<i>Pittosporum deplanchei</i>	2	0,815	1	0,713				
<i>Pittosporum muricatum/leratii</i>			1	0,763			2	0,811
<i>Pittosporum pronyensis</i>	2	0,809						
<i>Pittosporum sp.</i>	3	0,789					3	0,817
<i>Planchonella sp.</i>			3	0,810			2	0,780
<i>Planchonella thiensis</i>							1	0,796
<i>Pleurocalyptus pancheri</i>			1	0,752			1	0,789
<i>Polyalthia nitidissima</i>					4	0,795		
<i>Polyscias dioica</i>	4	0,819	1	0,816	2	0,806	1	
<i>Polyscias sp.</i>	7	0,804	3	0,810				
<i>Psychotria douarrei</i>	1	0,787					1	0,755
<i>Psychotria leratii</i>	1	0,783					2	0,752
<i>Psychotria semperflorens</i>					2	0,779	1	0,757
<i>Psychotria sp.</i>			14	0,792	4	0,773	1	0,825
<i>Pycnandra sp.</i>			1	0,820	1	0,791		
<i>Rapanea sp.</i>	2	0,792			2	0,699	2	0,820
<i>Rauvolfia balansae</i>			3	0,819				
<i>Rauvolfia sp.</i>					4	0,811	1	0,840
<i>Rourea balanseanum</i>	2	0,753	6	0,789	3	0,774	6	0,785
<i>Scaevola balansae</i>	4	0,814						
<i>Scagea sp.</i>	2	0,837						
<i>Schefflera gordonii</i>					1	0,765	1	0,841
<i>Schefflera reginae</i>			1	0,834			1	0,790
<i>Schefflera sp.</i>			6	0,811	1	0,838		
<i>Sebertia acuminata</i>	1	0,849	2	0,818	1	0,783		
<i>Semecarpus sp.</i>					1	0,772		
<i>Smilax sp.</i>			1	0,804	1	0,828		
<i>Sparattosyce dioica</i>	2	0,829	2	0,824	4	0,795	4	0,811
<i>Stenocarpus sp.</i>	1	0,804	2	0,818				
<i>Stenocarpus trinervis</i>					1	0,797	1	0,813
<i>Storthocalyx leioneurus</i>							1	0,822
<i>Storthocalyx sp.</i>			4	0,824	6	0,816	4	0,815
<i>Styphelia cymbulae</i>	1	0,841	1	0,828				
<i>Syzygium cf austrocaledonicum</i>			1	0,803				
<i>Syzygium multipetalum</i>	1	0,825	1	0,825			1	0,816
<i>Tapeinosperma sp.</i>			1	0,776			3	0,805
<i>Tristaniopsis sp.</i>	1	0,794						
<i>Virotia neurophylla</i>							3	0,840
<i>Vitex sp.</i>					1	0,819	1	0,813
<i>Xylopi pancheri</i>	1	0,811						
<i>Zygogynum sp.</i>	4	0,800	7	0,813	1	0,801	1	0,783
Nombre total d'individus	294		302		337		190	
Moyenne		0,807		0,804		0,786		0,806

Tableau 10 : Fluorimétrie par espèce - Pic du Grand Kaori

3.4 Caractéristiques chimiques du sol et de la litière des stations

Caractéristiques chimiques des parcelles de Forêt-Nord

LITIERE	PARCEL		FN4						FN1						FN2						FN3					
	Altitude (metres)		179						185						243						287					
	Année		2007		2008		2009		2007		2008		2009		2007		2008		2009		2007		2008		2009	
	Date		24 mai 2007		2 avril 2008		23 novembre 2009		23 mai 2007		1 avril 2008		30 novembre 2009		29 mai 2007		9 avril 2008		1 Decembre 2009		30 mai 2007		10 avril 2008		2 Decembre 2009	
	Analyses	Element	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype
	CHNS Humide	N %	0,92	0,18	1,09	0,14	1,21	0,18	0,85	0,14	0,95	0,18	1,00	0,10	0,93	0,15	1,01	0,11	0,97	0,13	0,58	0,09	0,71	0,12	0,83	0,16
C %				48,97	1,87	50,35	0,94			49,63	1,10	47,76	1,13			44,47	4,14	35,53	4,92			46,52	3,98	46,99	3,86	
S %		0,11	0,02	0,05	0,02	0,12	0,01	0,12	0,02	0,06	0,02	0,13	0,01	0,15	0,02	0,08	0,02	0,12	0,02	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	1,82	0,40	1,52	0,47	1,63	0,48	1,50	0,15	1,32	0,19	1,55	0,10	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	0,29	0,08	0,30	0,09	0,32	0,09	0,43	0,07	0,39	0,08	0,39	0,06	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	0,07	0,03	0,02	0,01	0,03	0,01	0,14	0,06	0,04	0,03	0,10	0,06	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	0,03	0,06	0,02	0,08	0,02	0,12	0,05	0,07	0,01	0,15	0,05	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	221,70	48,07	197,70	46,44	212,40	38,04	259,20	54,87	283,60	42,92	168,40	35,96	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	1606,20	953,71	1234,70	1139,98	1518,10	1253,00	268,90	117,46	327,90	113,84	103,80	57,03	332,90	158,15	428,60	185,97	407,20	188,89	
SOL	Année		2007		2008		2009		2007		2008		2009		2007		2008		2009		2007		2008		2009	
	Date		24 mai 2007		20 avril 2008		23 novembre 2009		23 mai 2007		1 avril 2008		30 novembre 2009		29 mai 2007		9 avril 2008		1 Decembre 2009		30 mai 2007		10 avril 2008		2 Decembre 2009	
	Analyses	Element	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype
	CHNS Humide	N%	0,68	0,23	0,68	0,31	0,54	0,21	0,30	0,17	0,36	0,16	0,23	0,06	0,89	0,26	0,83	0,09	0,63	0,09	0,52	0,26	0,54	0,22	0,51	0,20
		C%	12,73	4,48	10,39	4,34	6,39	1,54	6,03	3,03	7,14	3,34	4,08	0,79	14,41	6,59	12,40	1,84	6,15	0,49	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	0,14	0,03	0,08	0,02	0,08	0,01	0,18	0,04	0,12	0,02	0,08	0,01	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	6,77	4,27	6,25	4,10	2,09	1,17	11,77	14,24	8,30	1,29	6,93	1,83	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	3,62	1,87	4,78	2,59	4,55	3,16	14,96	2,53	11,89	2,23	14,44	6,00	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	0,29	0,11	0,28	0,09	0,23	0,07	0,62	0,14	0,41	0,06	0,30	0,12	0,37	0,14	0,21	0,07	0,32	0,11
		K méq%	0,39	0,10	0,43	0,10	0,42	0,16	0,30	0,09	0,29	0,06	0,19	0,03	0,52	0,13	0,48	0,08	0,36	0,06	0,30	0,13	0,30	0,14	0,45	0,31
	Capacité d'échange	méq%	27,04	8,40	21,70	6,85	22,94	8,34	15,18	4,74	17,47	6,02	13,57	2,65	29,90	10,79	28,73	2,59	26,62	3,26	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	1,81	1,24	1,86	1,15	0,80	0,77	5,14	14,32	4,54	1,29	3,74	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	11854,42	4137,88	12663,33	3519,72	13841,81	2549,31	33052,40	3448,35	38908,04	15466,62	47792,28	14256,17	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	72,54	43,31	55,89	52,23	19,42	41,22	177,22	644,35	231,75	154,92	114,28	134,49	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	148,06	199,67	249,56	122,86	123,17	77,42	65,75	230,24	374,90	47,45	202,27	194,47	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	377,56	17,44	390,23	29,20	404,84	36,22	233,38	168,43	273,70	84,44	258,54	38,84	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	363,06	46,12	388,77	45,77	333,87	75,60	235,83	73,37	269,91	42,36	242,78	15,56	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	1409,21	600,11	327,39	449,30	650,03	411,68	639,88	97,79	706,26	132,82	538,21	176,95	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	21964,73	3504,11	24595,37	3377,30	34095,98	7651,65	17640,95	3173,58	19857,23	4306,44	27527,55	4254,34	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	14666,97	6278,25	15871,85	8679,40	8171,36	2266,03	4604,38	459,64	6343,83	1160,12	5458,27	566,41	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	5494,25	720,88	5789,39	471,45	3980,12	2534,80	7036,07	1790,19	7172,92	704,80	2010,65	1158,75	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	21,89	1,18	23,00	1,59	23,84	2,44	13,49	3,37	15,59	2,25	16,59	1,63	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	21,81	2,91	102,85	28,77	5,79	5,52	16,58	5,54	122,06	30,54	6,94	4,30	24,60	5,54	70,48	21,56	12,32	7,57
		P mg/kg	261,12	71,09	311,14	55,92	391,34	67,43	336,49	65,30	390,94	49,10	322,34	130,22	501,67	49,24	562,49	142,78	395,37	80,27	73,89	49,24	120,28	51,88	111,65	41,29
		Si g/kg	19,83	3,34	22,56	2,05	19,02	7,51	22,54	6,07	22,91	4,80	37,65	6,64	54,74	8,11	60,46	13,37	94,49	21,28	21,06	8,11	26,19	10,26	40,02	15,81
		Zn mg/kg	276,51	20,94	154,48	29,39	240,62	63,16	287,54	11,40	189,45	25,08	211,35	83,80	236,54	47,94	141,34	26,12	72,91	67,76	263,60	47,94	188,92	52,40	212,26	122,04

Tableau 11 : Caractéristiques chimiques des échantillons de litière et de sol - Forêt-Nord (2007-2009)

Les analyses chimiques des litières et des sols des parcelles de Forêt-Nord montrent plusieurs tendances :

- Les teneurs en Azote (N) et Carbone (C) sont en général plus élevées dans la litière que dans les sols de toutes les parcelles.
- Les teneurs en Soufre (S), Phosphore (P), Potasse (K), Calcium (Ca), Magnésium (Mg) et Manganèse (Mn) sont en général plus élevées dans le sol que dans la litière des parcelles.
- La différence de teneur de Sodium (Na) entre les horizons de litière et de sol varie indépendamment des facteurs horizons et parcelles.
- L'élément Fer (Fe) est le plus abondant des métaux dans le sol, suivi du Magnésium (Mg), du Chrome (Cr), du Manganèse(Mn), du Nickel (Ni), du Cobalt (Co), du Zinc (Zn), du Titane (Ti), du Cuivre (Cu) et de l'Aluminium (Al).
- L'élément non métallique le plus abondant dans le sol est la Silice (Si).
- La Silice (Si) et le Magnésium (Mg) sont plus élevés sur la parcelle FN2 que sur les autres parcelles.

Caractéristiques chimiques des parcelles au Pic du Grand Kaori

LITIERE	Parcel		PGK1						PGK2						PGK4						PGK3					
	Altitude (metres)		240						250						315						330					
	Année		2007		2008		2009		2007		2008		2009		2007		2008		2009		2007		2008		2009	
	Date		28-nov.-2007		6-oct.-2008		15-déc.-2009		29-nov.-2007		14-oct.-2008		16-déc.-2009		5-déc.-2007		9-oct.-2008		6-janv.-2010		4-déc.-2007		16-oct.-2008		17-déc.-2009	
	Analyses	Element	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype
CHNS Humide	N %		0,92	0,18	1,09	0,14	1,21	0,18	0,85	0,14	0,95	0,18	1,00	0,10	0,58	0,09	0,71	0,12	0,83	0,16	0,93	0,15	1,01	0,11	0,97	0,13
	C %				48,97	1,87	50,35	0,94			49,63	1,10	47,76	1,13			46,52	3,98	46,99	3,86			44,47	4,14	35,53	4,92
	S %		0,11	0,02	0,05	0,02	0,12	0,01	0,12	0,02	0,06	0,02	0,13	0,01	0,10	0,01	0,04	0,01	0,12	0,01	0,15	0,02	0,08	0,02	0,12	0,02
	Ca %		1,44	0,22	1,44	0,28	1,47	0,38	1,82	0,40	1,52	0,47	1,63	0,48	1,46	0,55	1,69	0,40	1,97	0,45	1,50	0,15	1,32	0,19	1,55	0,10
	Mg %		0,23	0,06	0,23	0,04	0,29	0,10	0,29	0,08	0,30	0,09	0,32	0,09	0,24	0,07	0,22	0,03	0,27	0,04	0,43	0,07	0,39	0,08	0,39	0,06
	Na %		0,08	0,02	0,01	0,00	0,05	0,01	0,07	0,03	0,02	0,01	0,03	0,01	0,05	0,03	0,01	0,01	0,05	0,02	0,14	0,06	0,04	0,03	0,10	0,06
	K %		0,16	0,05	0,05	0,01	0,13	0,03	0,12	0,03	0,06	0,02	0,08	0,02	0,07	0,02	0,03	0,01	0,07	0,02	0,12	0,05	0,07	0,01	0,15	0,05
	P ppm		160,50	42,57	154,70	28,47	158,60	33,37	221,70	48,07	197,70	46,44	212,40	38,04	81,50	21,04	84,20	10,44	98,70	34,18	259,20	54,87	283,60	42,92	168,40	35,96
	Mn ppm		909,50	506,57	1279,60	378,19	1178,10	765,16	1606,20	953,71	1234,70	1139,98	1518,10	1253,00	332,90	158,15	428,60	185,97	407,20	188,89	268,90	117,46	327,90	113,84	103,80	57,03
	Attaque totale acide/fusion alcaline																									
SOL	Année		2007		2008		2009		2007		2008		2009		2007		2008		2009		2007		2008		2009	
	Date		28-nov.-2007		6-oct.-2008		15-déc.-2009		29-nov.-2007		14-oct.-2008		16-déc.-2009		5-déc.-2007		9-oct.-2008		6-janv.-2010		4-déc.-2007		16-oct.-2008		17-déc.-2009	
	Analyses	Element	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype	Moyenne n=10	Ecartype
	CHNS Humide	N%	0,63	0,24	0,32	0,15	0,27	0,10	0,65	0,16	0,63	0,26	0,30	0,07	0,99	0,44	0,55	0,25	0,41	0,12	0,52	0,15	0,56	0,16	0,35	0,09
		C%	13,32	5,01	4,68	1,73	4,88	1,35	13,08	4,28	12,92	5,94	5,30	1,18	20,87	9,76	9,41	4,69	6,12	1,12	8,53	3,00	8,37	2,62	5,75	0,58
		S%	0,12	0,02	0,09	0,02	0,09	0,02	0,11	0,03	0,09	0,03	0,08	0,02	0,14	0,07	0,07	0,02	0,07	0,01	0,08	0,02	0,07	0,01	0,06	0,01
	Cations échangeables	Ca méq%	6,42	5,33	1,48	1,81	1,81	2,76	8,86	4,17	7,67	3,40	2,78	3,44	15,32	7,60	7,79	4,75	4,25	3,43	8,44	4,33	7,12	3,37	4,81	2,26
		Mg méq%	5,39	4,46	3,61	4,94	2,28	2,96	8,13	3,78	6,95	6,65	4,48	4,60	14,74	7,16	9,92	11,41	9,31	7,52	10,08	7,52	8,31	4,45	6,81	6,22
		Na méq%	0,44	0,16	0,18	0,12	0,19	0,06	0,47	0,13	0,58	0,25	0,23	0,11	0,57	0,17	0,46	0,14	0,30	0,09	0,34	0,06	0,49	0,12	0,27	0,07
	Capacité d'échange	K méq%	0,31	0,16	0,07	0,05	0,11	0,05	0,34	0,11	0,28	0,15	0,15	0,11	0,55	0,18	0,27	0,09	0,27	0,09	0,26	0,10	0,26	0,08	0,16	0,06
		még%	24,68	8,40	15,56	6,84	11,68	4,50	26,41	6,31	31,03	10,26	13,42	4,71	38,88	13,06	29,12	12,70	17,43	5,66	22,47	7,13	26,62	6,19	16,73	4,70
	Attaque totale acide/fusion alcaline	Ca g/kg	2,15	1,80	0,82	1,05	0,88	1,14	3,21	1,54	2,54	1,14	0,96	1,25	7,11	3,38	3,48	2,78	2,72	2,37	2,89	1,45	2,61	1,31	1,82	0,81
		Mg mg/kg	5 546,80	6 913,71	11 929,04	15 952,36	6 068,18	7 501,25	10 454,70	4 503,61	9 550,37	5 712,83	8 783,63	3 368,09	20 694,74	10 566,28	21 943,97	12 726,39	23 795,75	13 283,69	14 971,15	6 219,16	18 484,27	8 931,93	12 444,56	5 205,42
		Na mg/kg	119,33	50,61	116,59	97,26	73,56	64,48	128,29	65,56	126,36	68,92	62,80	57,22	151,92	38,71	135,97	58,89	301,34	139,85	83,67	30,97	129,18	37,85	81,47	51,68
		K mg/kg	168,07	116,40	39,59	49,79	171,75	130,84	82,27	58,77	136,69	71,83	143,53	90,36	274,17	111,10	182,68	64,66	276,51	117,81	45,23	68,06	118,76	65,93	215,38	167,01
		Ti mg/kg	471,67	103,36	561,75	96,31	523,58	79,42	356,90	54,95	314,97	68,15	397,87	56,62	237,73	95,72	297,30	60,65	325,62	37,52	349,57	70,47	316,99	63,42	345,25	73,47
		Fe g/kg	344,83	71,50	431,65	65,82	385,90	37,42	338,99	46,39	334,21	62,00	365,27	22,98	220,09	105,59	320,98	70,37	359,24	44,92	367,51	41,73	346,80	44,61	391,30	32,77
		Co mg/kg	579,24	106,93	702,92	148,32	662,35	150,34	901,17	267,48	675,65	314,80	915,22	577,59	671,46	365,54	1 053,40	195,15	1 106,42	148,90	1 102,94	237,35	1 100,79	214,66	900,94	367,36
		Cr mg/kg	20 804,87	3 265,78	13 870,11	1 276,38	17 765,76	3 802,51	24 257,89	5 191,83	21 713,96	4 005,21	18 726,94	2 159,79	18 509,89	8 505,69	22 373,39	4 450,38	20 285,56	1 736,97	19 745,94	1 715,93	23 564,24	1 422,56	17 128,73	2 210,27
		Mn mg/kg	4 819,33	900,21	5 797,74	1 492,27	4 962,26	1 511,53	7 187,04	2 379,13	5 782,58	3 233,32	6 521,42	3 711,88	6 990,36	4 957,56	13 773,88	6 425,55	10 642,62	2 724,50	8 736,15	1 834,58	9 790,10	2 167,91	7 411,50	1 743,06
		Ni mg/kg	3 727,36	1 216,63	5 821,99	2 758,25	4 737,78	1 986,76	6 221,60	2 174,43	4 866,69	2 529,58	6 334,32	3 049,13	4 172,98	1 992,36	6 727,14	893,68	8 308,76	831,91	7 594,72	702,26	7 518,37	745,74	7 644,73	542,87
		Al g/kg	23,15	4,94	29,02	5,07	27,61	3,08	18,45	3,31	20,71	5,83	24,88	6,45	10,99	4,91	17,56	3,28	20,21	1,74	18,09	2,50	17,96	2,28	18,87	1,93
		Cu mg/kg	35,27	10,16	38,62	12,37	34,49	9,77	29,53	23,13	12,04	5,27	20,21	4,85	15,07	5,04	13,75	2,81	22,82	5,38	18,49	2,07	13,76	2,25	14,83	2,59
		P mg/kg	99,97	34,68	140,57	27,41	141,32	21,02	100,67	26,25	142,53	19,42	133,88	28,39	137,54	34,83	155,47	22,78	113,56	37,67	105,96	15,58	155,34	16,50	152,92	24,43
		Si g/kg	14,94	16,80	20,22	20,88	13,20	12,26	20,63	5,01	22,05	8,08	19,48	6,94	32,08	14,46	38,51	17,10	43,24	18,54	29,24	8,54	35,46	10,64	26,24	8,60
		Zn mg/kg	228,54	28,32	573,18	767,21	346,26	75,95	309,81	62,78	250,46	72,40	290,18	70,39	226,25	79,44	206,55	44,73	297,30	35,45	331,53	27,76	277,16	22,34	362,68	73,41

Tableau 12 : Caractéristiques chimiques des échantillons de litière et de sol - Pic du Grand Kaori (2007-2009)

Les analyses chimiques des litières et des sols des parcelles du Pic du Grand Kaori montrent plusieurs tendances :

- Les teneurs en Azote (N), Carbone (C) et Phosphore (P) sont en général plus élevées dans la litière que dans les sols de toutes les parcelles.
- Les teneurs en Soufre (S), Calcium (Ca), Magnésium (Mg), Sodium (Na) et Manganèse (Mn) sont en général plus élevées dans le sol que dans la litière des parcelles.
- Les différences de teneur en Potasse (K) entre les horizons de litières et de sols varient indépendamment des facteurs horizons et 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), Cuivre (Cu) et aluminium (Al).
- L'élément non métallique le plus abondant dans le sol est la Silice (Si).
- La Silice (Si) et le Magnésium (Mg) sont plus élevés sur la parcelle PGK3 et PGK4 que sur les autres parcelles.

Caractéristiques chimiques des parcelles du Pic du Pin

	Analyses	Elements	Parcel 1		Parcel 2	
			Moyenne n=10	Ecartype n =10	Moyenne n=10	Ecartype n =10
Litiere	CHNS humide	N %	0,96	0,17	1,03	0,15
		C %	48,47	2,83	49,28	0,95
		S %	0,11	0,01	0,10	0,01
	Attaque totale acide/Fusion alcaline	Ca %	1,19	0,26	1,21	0,24
		Mg %	0,24	0,04	0,25	0,08
		Na %	0,05	0,05	0,05	0,05
		K %	0,06	0,01	0,06	0,01
		P ppm	110,60	21,00	91,40	30,54
		Mn ppm	1 381,70	993,50	1 675,90	971,85
Sol	CHNS humide	N%	0,28	0,19	0,19	0,07
		C%	53,97	18,53	37,50	8,23
		S%	0,08	0,01	0,09	0,03
	Cations échangeables	Ca méq%	1,54	1,54	0,96	1,03
		Mg méq%	4,91	6,16	2,49	3,52
		Na méq%	0,26	0,19	0,19	0,07
		K méq%	0,18	0,15	0,11	0,06
	Capacité d'échange	még%	17,51	10,19	9,75	3,11
	Attaque totale acide/Fusion alcaline	Ca g/kg	0,61	0,67	0,32	0,33
		Mg mg/kg	8 449,13	3 560,68	7 607,06	3 241,76
		Na mg/kg	161,12	83,47	295,60	164,63
		K mg/kg	196,03	92,71	61,83	80,90
		Ti mg/kg	471,56	92,52	458,11	71,94
		Fe g/kg	377,56	75,11	451,38	29,65
		Co mg/kg	695,11	205,09	622,61	184,19
		Cr mg/kg	15 983,34	2 973,35	15 088,28	1 431,46
		Mn mg/kg	8 364,53	2 738,38	5 507,72	2 012,54
		Ni mg/kg	5 337,04	805,91	6 112,55	1 791,53
		Al g/kg	26,52	4,93	25,72	2,52
		Cu mg/kg	13,63	3,40	13,54	3,72
		P mg/kg	93,11	30,98	86,79	14,75
		Si g/kg	38,81	11,41	19,32	6,52
		Zn mg/kg	190,28	58,85	270,88	28,15

Tableau 13 : Caractéristiques chimiques des échantillons de litière et de sol - Pic du Pin (2009)

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).

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

Espece	Parcel	Altitude (m)	Ca %		Mg %		Na %		K %		P ppm		Mn ppm		S %		N %		Annee
			Moyenne n=8	Ecartype n=8	Moyenne n=8	Ecartype n=8	Moyenne n=8	Ecartype n=8	Moyenne n=8	Ecartype n=8	Moyenne n=8	Ecartype n=8	Moyenne n=8	Ecartype n=8	Moyenne n=8	Ecartype n=8	Moyenne n=8	Ecartype n=8	
<i>Cleistanthus stipitatus</i>	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
	1	184	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
	1	184	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
<i>Cupaniopsis macrocarpa</i> var. <i>macrocarpa</i>	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
	1	184	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
	1	184	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
<i>Dysoxylum canalienses</i>	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
	3	287	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
	3	287	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>	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
	4	179	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
	4	179	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
<i>Ficus austrocaledonica</i>	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
	2	243	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	243	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
<i>Garcinia neglecta</i>	1	184	2,70	0,23	0,46	0,06	0,17	0,05	0,47	0,12	479,75	49,50	1568,63	871,45	0,18	0,02	1,10	0,07	2007
	3	287	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	
	1	184	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	
	3	287	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
	1	184	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
	3	287	1,36	0,22	0,20	0,03	0,13	0,06	0,55	0,09	216,63	29,81	322,50	85,98	0,18	0,03	0,64	0,02	
<i>Gardenia aubreyi</i>	4	179	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
	4	179	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
	4	179	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>	2	243	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
	2	243	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
	2	243	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 coriaceae</i>	1	184	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
	2	243	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	
	3	287	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	
	4	179	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	
	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
	2	243	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	
	3	287	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	
	4	179	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	
	1	184	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
	2	243	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	
	3	287	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	
	4	179	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	
<i>Pagiantha cerifera</i>	4	179	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
	4	179	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
	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
<i>Pandanus</i> sp.	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
	2	243	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	
	3	287	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	
	4	179	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	
	1	184	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
	2	243	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	
	3	287	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	
	4	179	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	
	1	184	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
	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	
	3	287	1,24	0,25	0,14	0,05	0,11	0,04	1,02	0,12	235,88	26,31	108,00	27,01	0,20	0,09	0,73	0,07	
	4	179	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	
<i>Sparattosyce dioica</i>	3	287	2,27	0,26	0,48	0,07	0,68	0,10	0,72	0,21	348,63	29,90	89,63	22,10	0,11	0,01	1,12	0,08	2007
	3	287	2,27	0,46	0,26	0,04	0,32	0,07	1,00	0,15	353,75	36,88	73,38	20,53	0,10	0,01	1,25	0,06	2008
	3	287	2,20	0,46	0,31	0,08	0,38	0,08	1,18	0,16	342,13	34,20	101,50	24,12	0,11	0,01	1,18	0,08	2009
<i>Xylopia</i> sp. cf <i>veillardii</i>	2	243	1,21	0,15	0,43	0,06	0,39	0,08	0,82	0,19	566,75	36,21	36,75	11,84	0,16	0,02	1,21	0,09	2007
	2	243	1,27	0,15	0,38	0,04	0,29	0,05	0,76	0,18	507,63	27,22	87,00	77,77	0,17	0,05	1,39	0,06	2008
	2	243	1,09	0,11	0,40	0,05	0,32	0,04	0,80	0,08	615,75	22,55	32,38	6,16	0,16	0,02	1,58	0,07	2009

Tableau 14 : Teneur foliaire des espèces communes - Forêt-Nord (2007-2009)

L’analyse foliaire des espèces communes des parcelles en Forêt-Nord montrent plusieurs tendances :

- Toutes les espèces possèdent des teneurs en Calcium (Ca) supérieures aux concentrations de Magnésium (Mg).
- La plupart des espèces qui se trouvent sur les parcelles du bas (1 et 4) ont des teneurs en Manganèse (Mn) plus élevées que sur les parcelles du haut (2 & 3).
- *Pagiantha cerifera* sur la parcelle 4 contient la plus forte teneur foliaire en Azote (N) et Potasse (K) avec respectivement 2,5% et 2,7%.
- *Dysoxylum canalienses* sur la Parcelle 3 contient les plus fortes tene

Espèce	Parcel	Altitude (m)	Ca %		Mg %		Na		K %		P (ppm)		Mn (ppm)		S %		N %		Annee
			Moyenne n=8	Ecartype n=8	Moyenne n=8	Ecartype n=8	Moyenne n=8	Ecartype n=8	Moyenne n=8	Ecartype n=8	Moyenne n=8	Ecartype n=8	Moyenne n=8	Ecartype n=8	Moyenne n=8	Ecartype n=8	Moyenne n=8	Ecartype n=8	
<i>Codia jaffrei</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	2008
	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	2009
<i>Cryptocarya sp.</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	2008
	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	2009
<i>Gardenia aubreyi</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	
	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	
	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>Guettarda eximia</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	2008
	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	
	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	2009
	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	
	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	
<i>Meryta coriaceae</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	0,42	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	
	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	0,60	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	
	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	0,75	0,17	0,14	0,17	0,19	0,17	0,98	0,17	198,50	0,17	287,75	0,17	0,12	0,17	0,65	0,17	2007
	2	250	0,98	0,24	0,19	0,04	0,11	0,12	1,02	0,37	192,88	38,51	168,75	112,41	0,12	0,01	0,64	0,08	
	3	330	0,91	0,10	0,17	0,04	0,04	0,01	1,18	0,15	226,75	47,30	99,38	40,29	0,11	0,01	0,73	0,10	
	4	315	1,05	0,12	0,18	0,02	0,10	0,03	0,85	0,22	190,25	19,06	113,50	78,05	0,10	0,02	0,61	0,08	
	1	240	1,00	0,39	0,15	0,05	0,20	0,10	0,85	0,42	215,25	64,03	295,38	166,86	0,11	0,03	0,76	0,07	2008
	2	250	1,01	0,14	0,15	0,05	0,20	0,13	0,90	0,29	208,75	44,74	277,50	211,74	0,14	0,03	0,74	0,10	
	3	330	0,97	0,14	0,14	0,03	0,06	0,05	1,16	0,18	205,00	16,19	99,88	43,33	0,12	0,02	0,75	0,08	
	4	315	1,08	0,11	0,16	0,04	0,09	0,04	0,92	0,14	206,88	17,72	121,50	86,72	0,14	0,03	0,81	0,07	
	1	240	1,26	0,28	0,16	0,03	0,24	0,12	0,88	0,37	220,25	31,03	318,38	164,85	0,16	0,03	0,81	0,11	2009
	2	250	1,07	0,20	0,15	0,03	0,24	0,14	1,14	0,17	187,75	21,09	370,75	250,12	0,13	0,02	0,91	0,12	
	3	330	1,31	0,23	0,17	0,04	0,08	0,02	1,02	0,22	222,13	23,14	131,38	55,86	0,13	0,02	0,97	0,09	
	4	315	1,16	0,06	0,16	0,03	0,12	0,03	0,88	0,10	193,88	25,84	217,25	256,59	0,13	0,02	0,57	0,09	

Tableau 15 : Teneur foliaire des espèces communes - Pic du Grand Kaori (2007-2009)

L'analyse foliaire des espèces communes des parcelles du Pic du Grand Kaori montrent plusieurs tendances :

- Toutes les espèces possèdent des teneurs en Calcium (Ca) supérieures aux concentrations de Magnésium (Mg).
- Codia jaffrei* et *Cryptocarya sp.* sur les parcelles 1 et 2 respectivement ont des teneurs plus élevées en Manganèse (Mn) que les autres espèces sur les mêmes parcelles.
- Guettarda eximia* contient la plus forte teneur foliaire en Azote (N) avec 1,8%.
- Meryta coriaceae* contient les plus fortes teneurs en Soufre (S) et Calcium (Ca), avec respectivement 0,2% et 1,7%.

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

Espèce			<i>Pandanus sp.</i>		<i>Guettarda eximia</i>		<i>Meryta coriacea</i>		<i>Codia jaffrei</i>	<i>Myodocarpus fraxinifolius</i>	<i>Alstonia sp.</i>	<i>Calophyllum caledonicum</i>
Parcelle			1	2	1	2	1	2	1	1	2	2
Altitude (m)			299	313	299	313	299	313	299	299	313	313
Ca %	Moyenne	n=8	0,94	1,17	0,30	0,34	1,01	1,61	0,61	0,75	1,67	0,45
	Ecartype	n=8	0,19	0,26	0,12	0,08	0,24	0,40	0,20	0,13	0,03	0,06
Mg %	Moyenne	n=8	0,23	0,23	0,30	0,23	0,40	0,34	0,39	0,27	0,56	0,14
	Ecartype	n=8	0,05	0,03	0,05	0,05	0,13	0,06	0,05	0,04	0,11	0,03
Na	Moyenne	n=8	0,21	0,22	0,29	0,33	1,01	1,09	0,14	0,66	0,39	0,11
	Ecartype	n=8	0,17	0,14	0,12	0,16	0,12	0,09	0,03	0,08	0,30	0,03
K %	Moyenne	n=8	0,68	0,49	0,69	0,72	0,45	0,49	0,23	0,69	1,18	0,46
	Ecartype	n=8	0,30	0,23	0,25	0,25	0,15	0,23	0,04	0,15	36,05	0,04
P (ppm)	Moyenne	n=8	221,50	224,25	333,50	290,88	223,13	217,50	209,38	337,38	486,88	230,00
	Ecartype	n=8	22,72	41,73	54,88	14,29	21,27	10,10	16,59	34,61	83,98	15,69
Mn (ppm)	Moyenne	n=8	360,50	559,38	126,25	126,75	338,75	221,25	556,25	146,13	193,25	73,63
	Ecartype	n=8	349,01	371,38	43,39	33,25	123,80	94,41	146,28	40,90	0,03	20,37
S %	Moyenne	n=8	0,14	0,11	0,14	0,13	0,16	0,12	0,16	0,15	0,29	0,12
	Ecartype	n=8	0,02	0,01	0,01	0,02	0,04	0,01	0,03	0,01	0,18	0,02
N %	Moyenne	n=8	0,70	0,66	1,56	1,51	0,68	0,58	0,67	1,09	2,39	0,68
	Ecartype	n=8	0,07	0,09	0,11	0,08	0,09	0,19	0,07	0,06	0,06	0,04

Tableau 16 : 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, avec 1,67%, 2,39% et 1,18% respectivement.
- *Codia jaffrei* a des teneurs plus élevées en Manganèse (Mn) que les autres espèces sur les mêmes parcelles.
- *Guettarda eximia* contient la plus forte teneur foliaire en Azote (N) avec 1,8%.
- *Meryta coriacea* contient la plus forte teneur en Calcium (Ca) avec 1,6%.

3.5 Analyse de variance (ANOVA) de la teneur en éléments dans le sol, la litière et les espèces communes

ANOVA des éléments dans le sol de Forêt-Nord

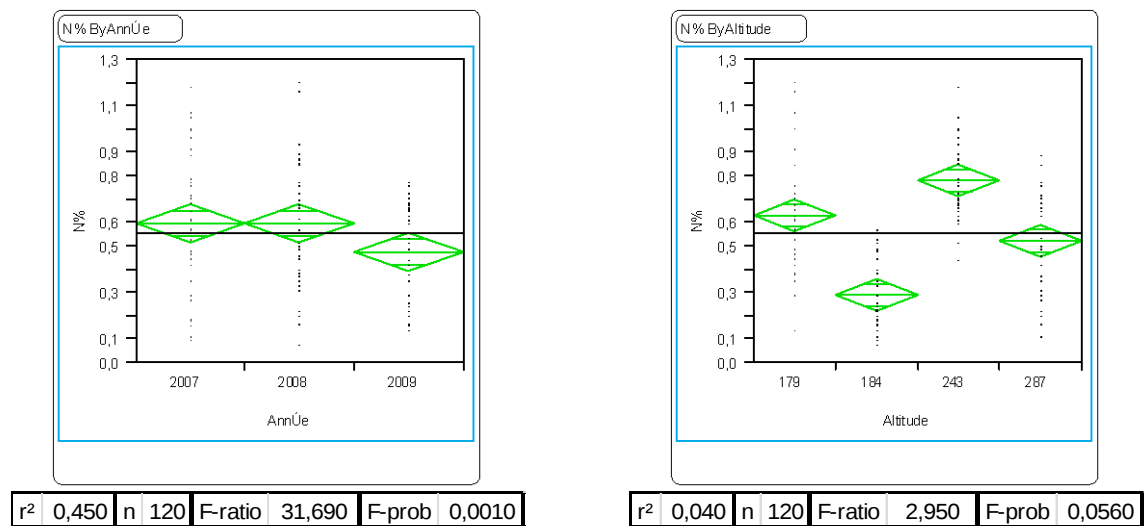


Figure 18 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des sols - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

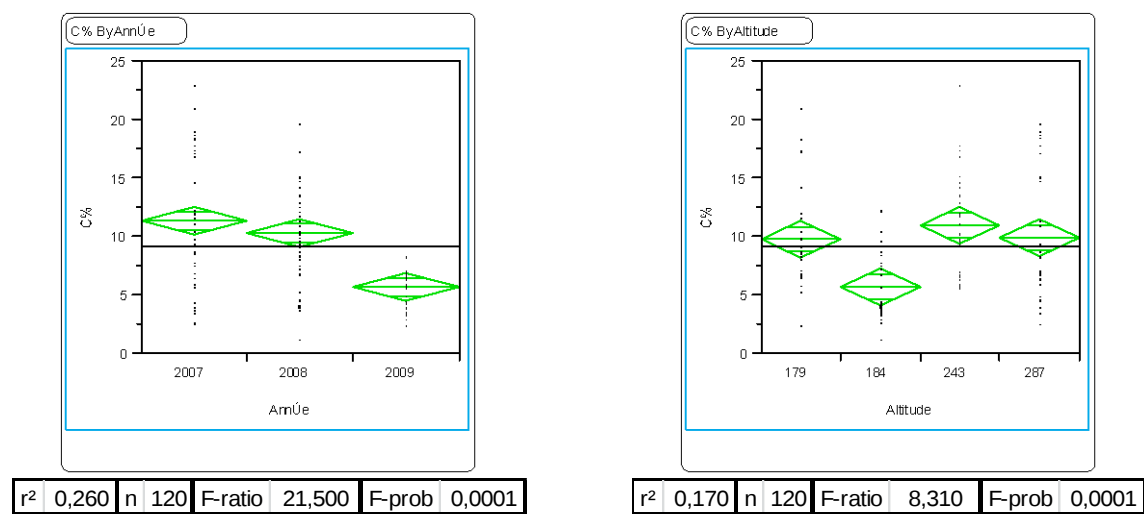


Figure 19 : ANOVA teneur en Carbone total (C%) des sols - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

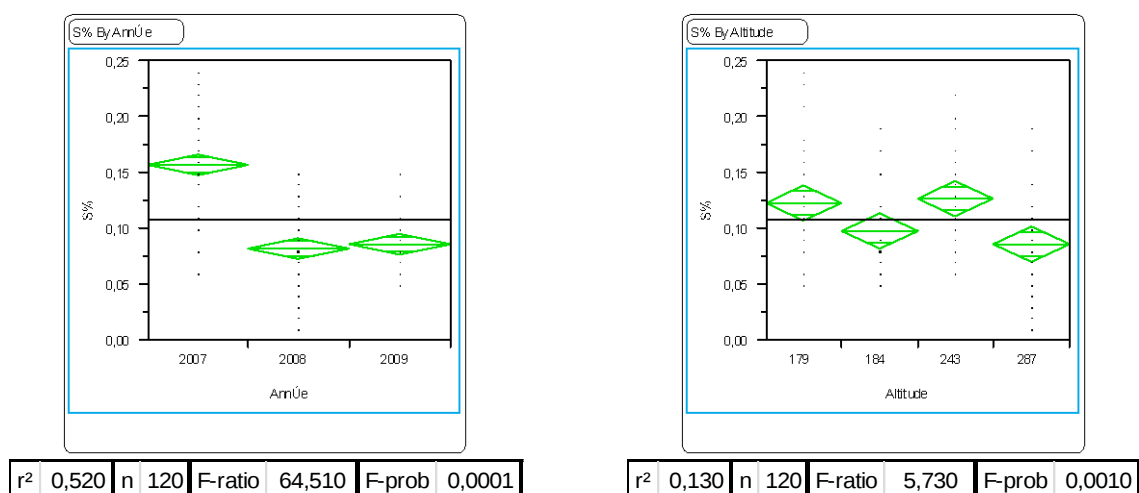


Figure 20 : ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des sols - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

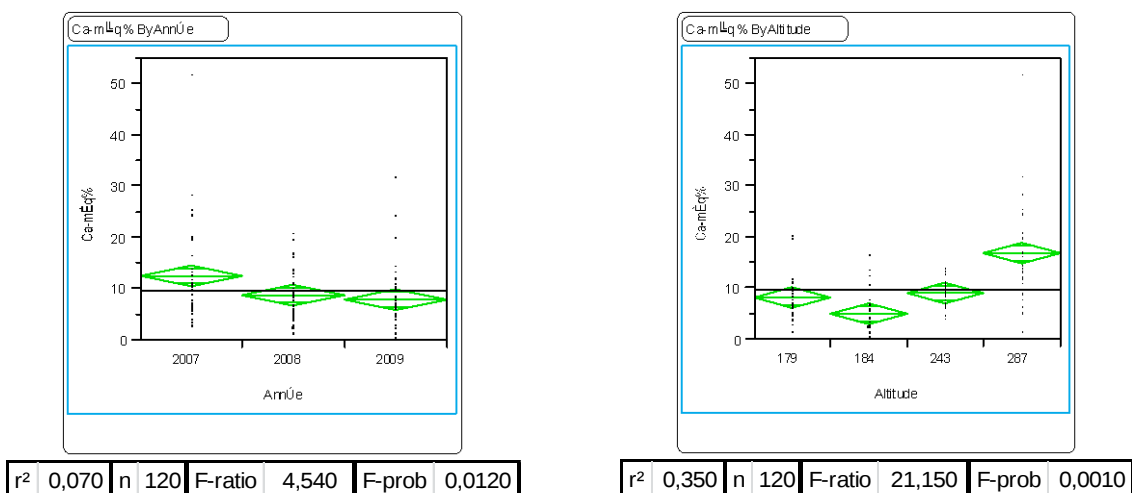


Figure 21 : ANOVA teneur en Calcium échangeable (Ca-meq%) des sols - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

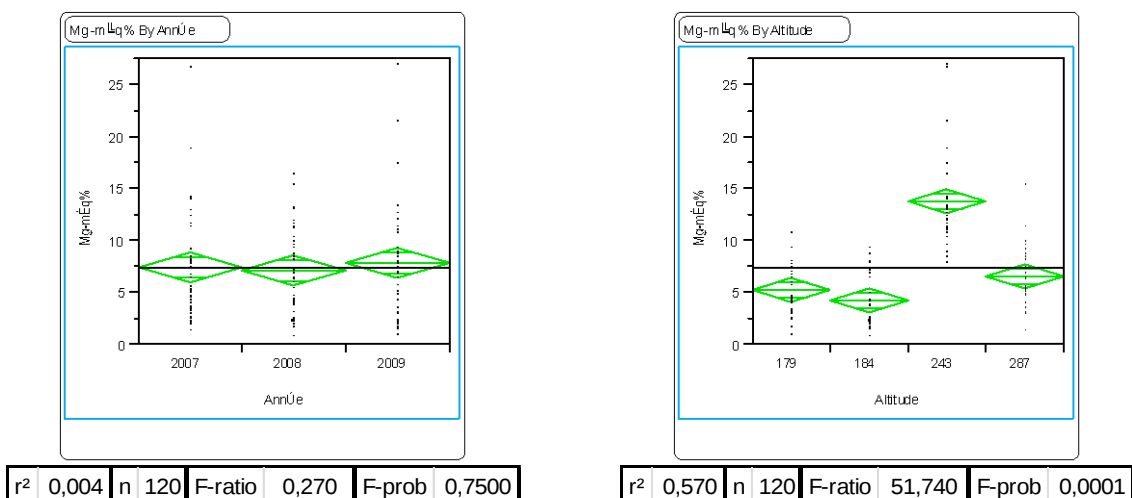


Figure 22 : ANOVA teneur en Magnésium échangeable (Mg-meq%) des sols - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

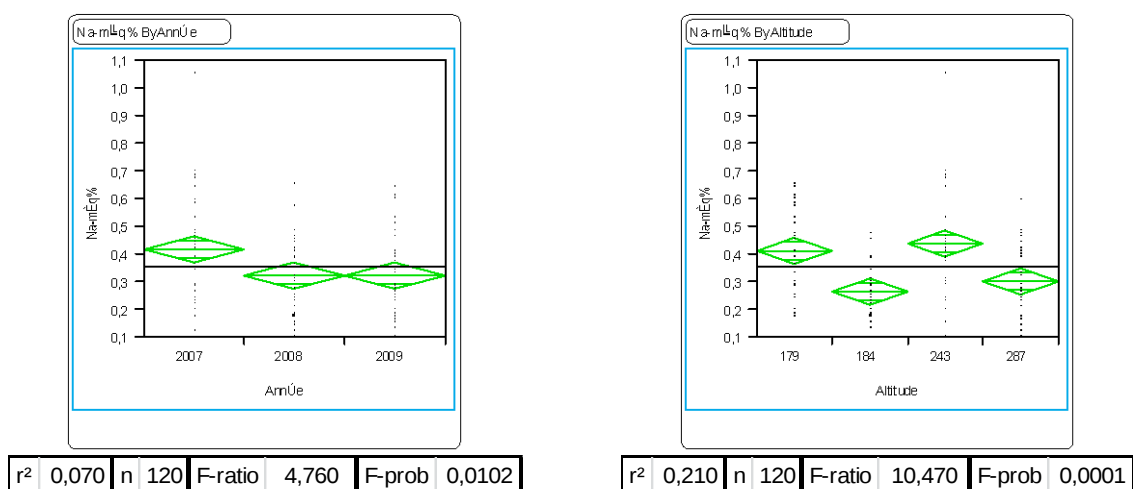


Figure 23 : ANOVA teneur en Sodium échangeable (Na-meq%) des sols - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

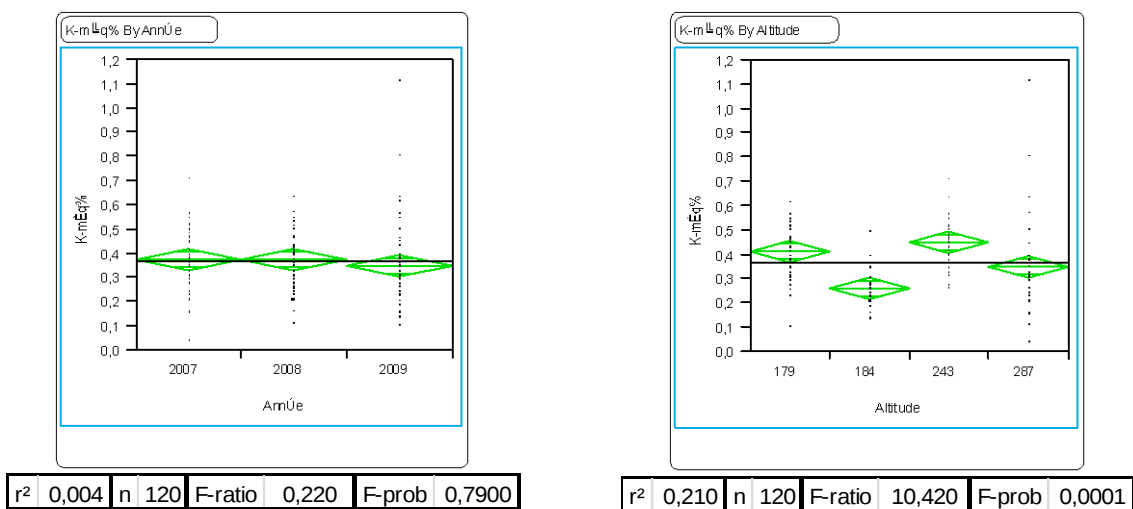


Figure 24 : ANOVA teneur en Potassium échangeable (K-meq%) des sols - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

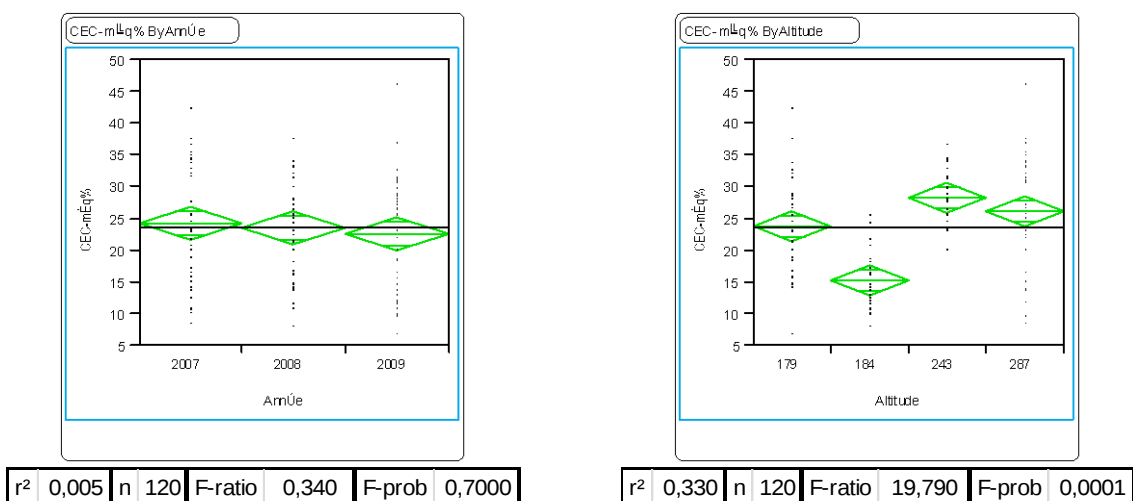


Figure 25 : ANOVA capacité d'échange (CEC-meq%) des sols - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

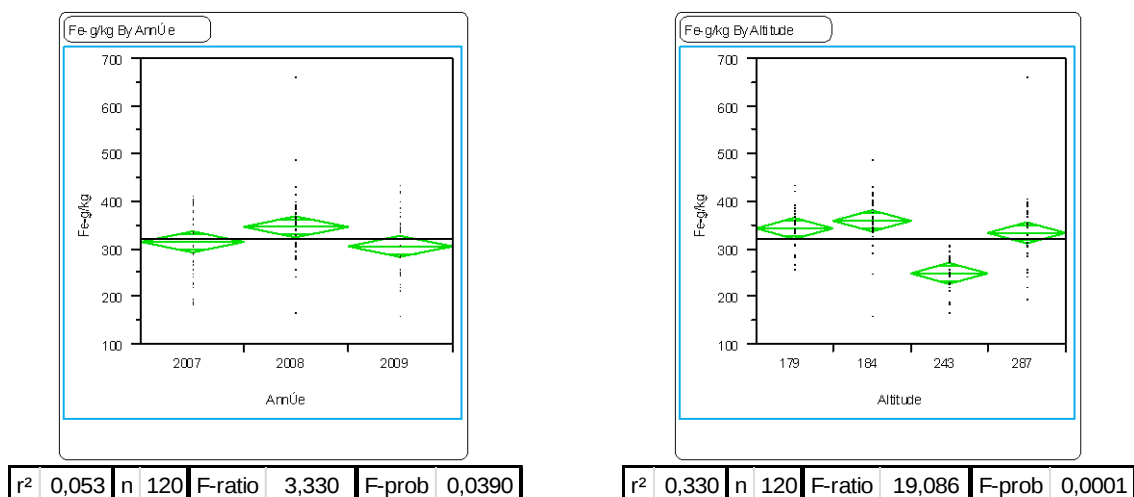


Figure 26 : ANOVA teneur en Fer total (Fe- g/kg) des sols - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

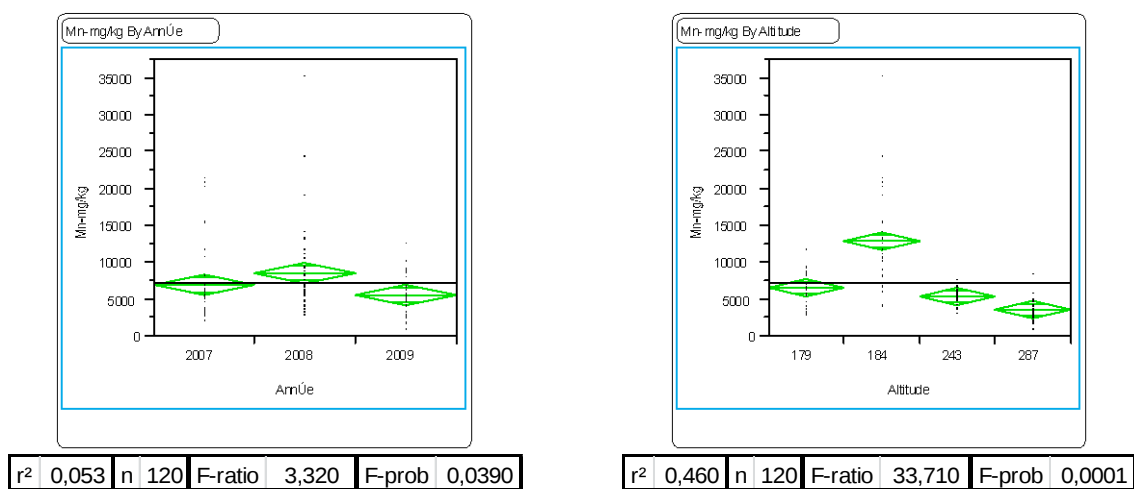


Figure 27 : ANOVA teneur en Manganèse total (Mn-mg/kg) des sols - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

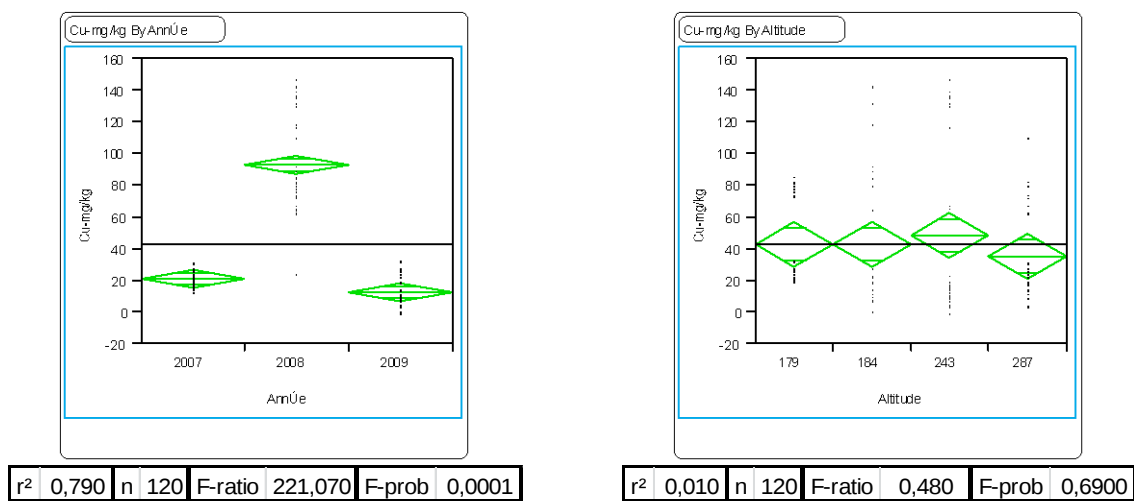


Figure 28 : ANOVA teneur en Cuivre total (Cu- mg/kg) des sols - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

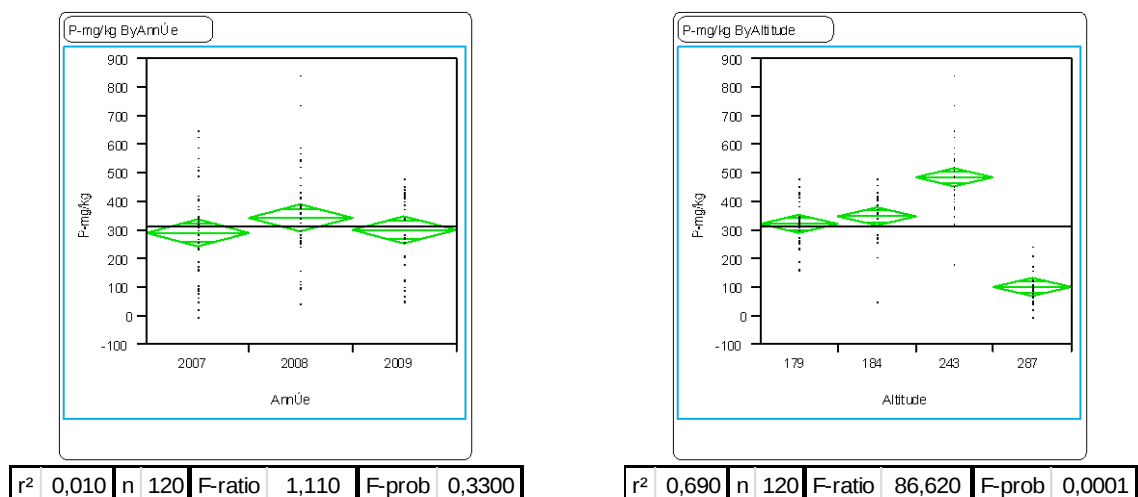


Figure 29 : ANOVA teneur en Phosphore total (P- mg/kg) des sols - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

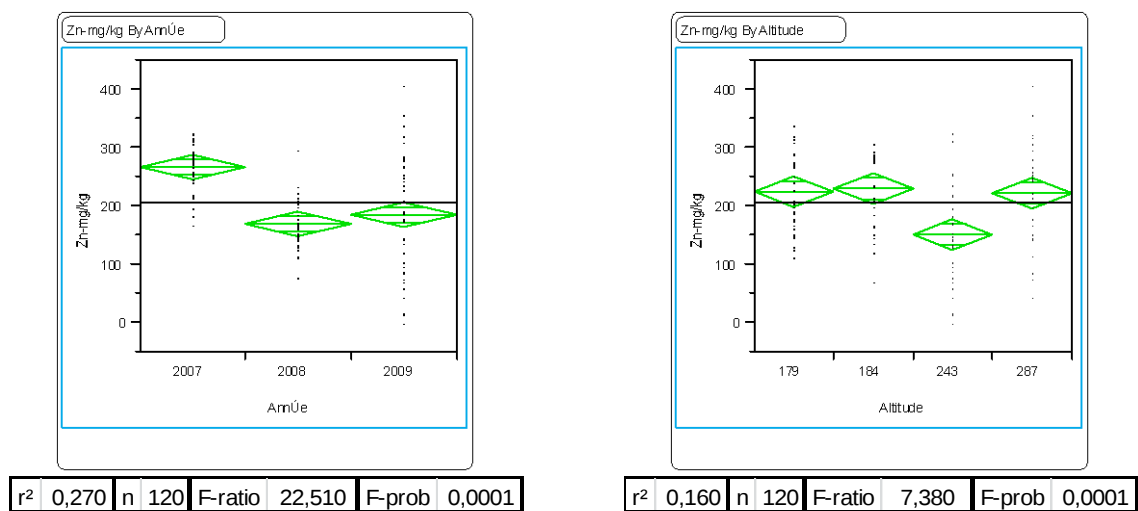


Figure 30 : ANOVA teneur en Zinc total (Zn- mg/kg) des sols - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

L'analyse de variance effectuée sur la composition chimique des sols de Forêt-Nord prélevés sur les parcelles permanentes en 2007, 2008 et 2009 montre plusieurs tendances :

- Les teneurs en N, C, S, Ca, Na montrent une diminution significative de 2007 à 2009.
- Les teneurs en C, S, Ca, Mg, Na, K, CEC, Fe, Mn, P, et Zn varient de manière significative entre les parcelles se trouvant à des altitudes différentes.
- Les teneurs en N, C, S, Na, K et CEC montrent les mêmes variations selon l'altitude.

ANOVA des éléments dans les sols des parcelles du Pic du Grand Kaori

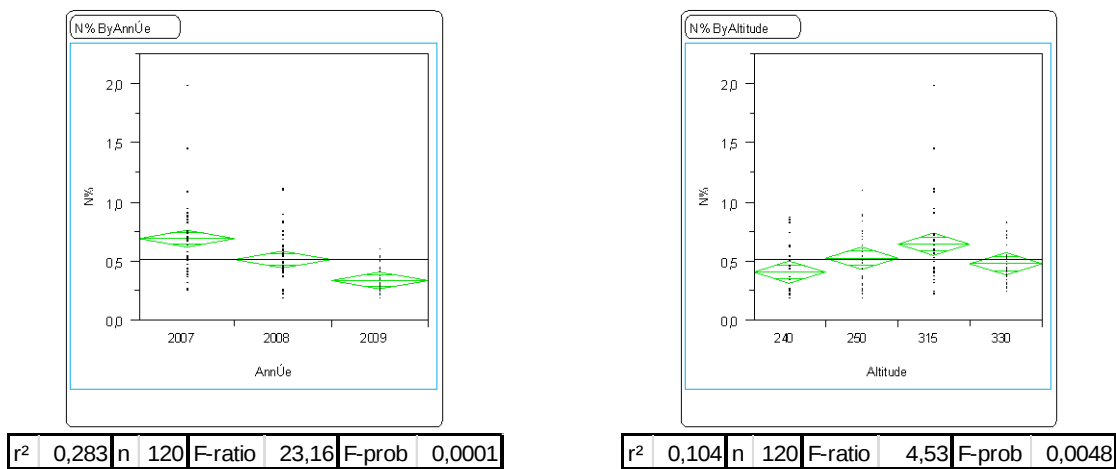


Figure 31 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des sols - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

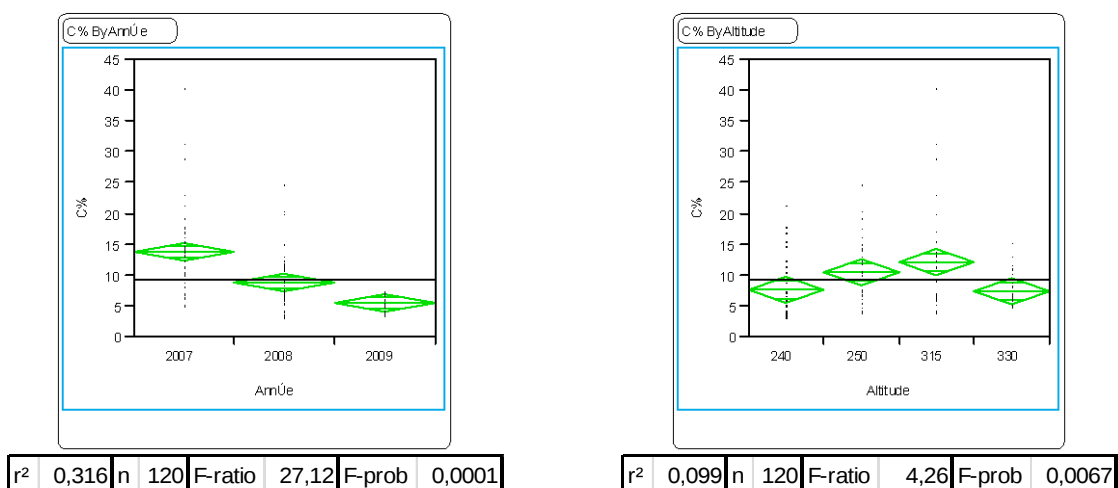


Figure 32 : ANOVA teneur en Carbone total (C-%) des sols - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

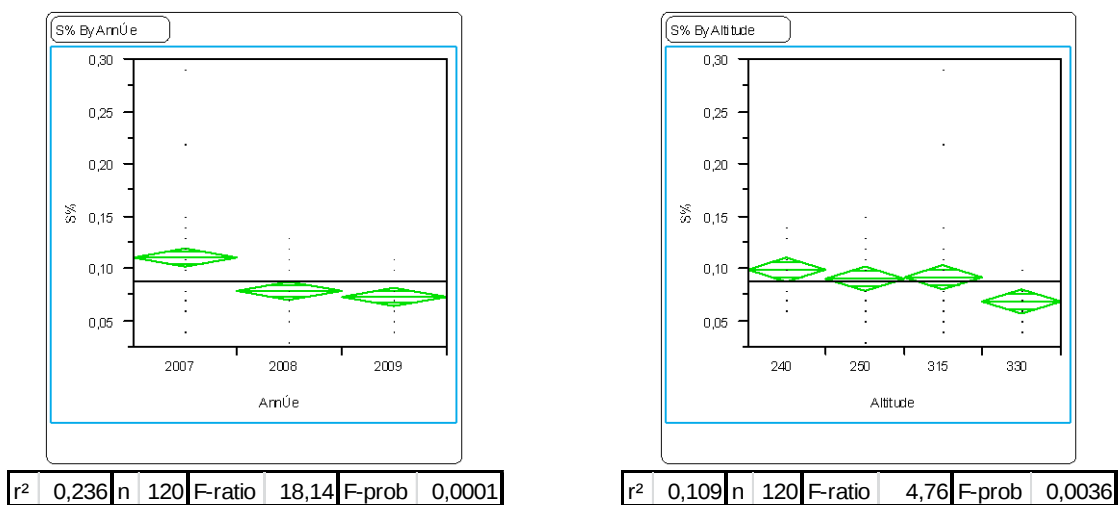


Figure 33 : ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des sols - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

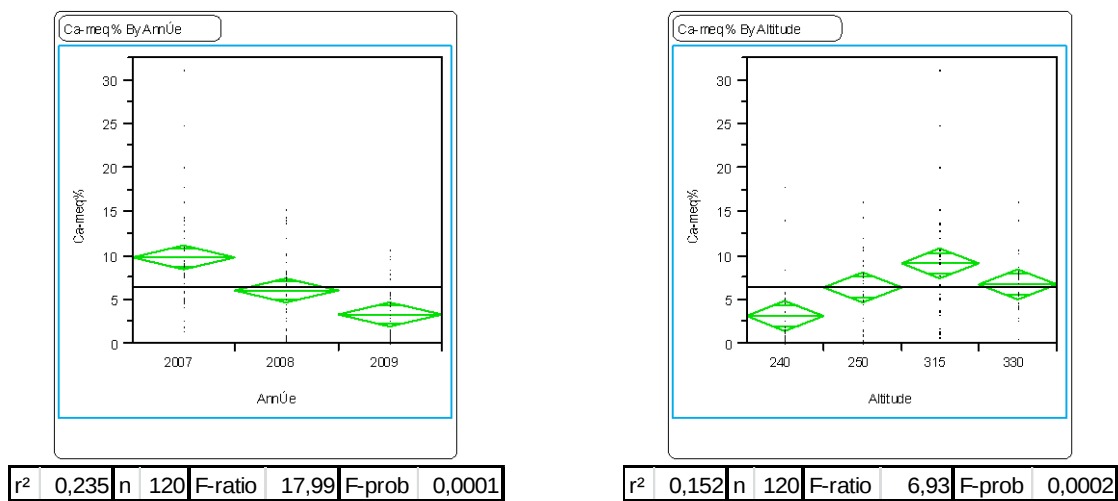


Figure 34 : ANOVA teneur en Calcium échangeable (Ca-meq%) des sols - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

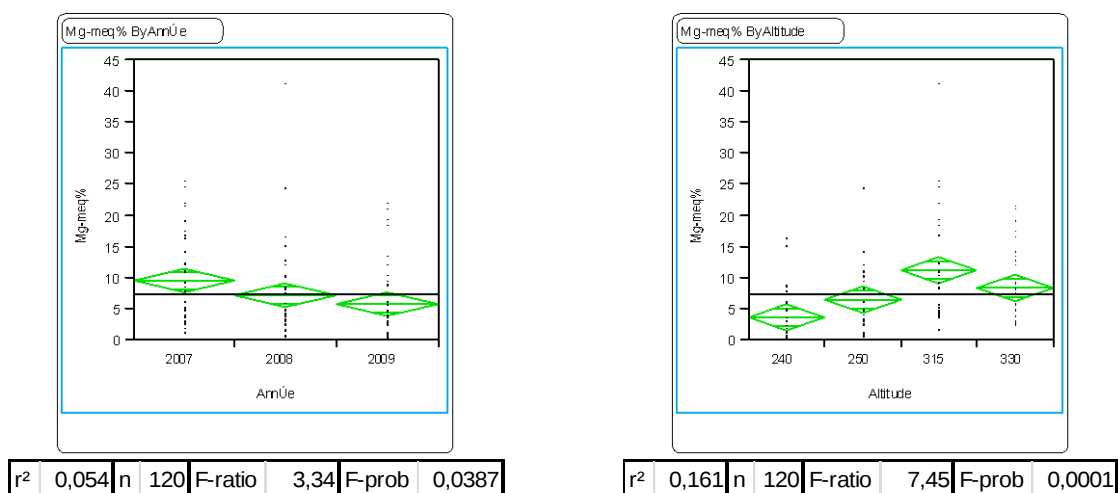


Figure 35 : ANOVA teneur en Magnésium échangeable (Mg-meq%) des sols - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

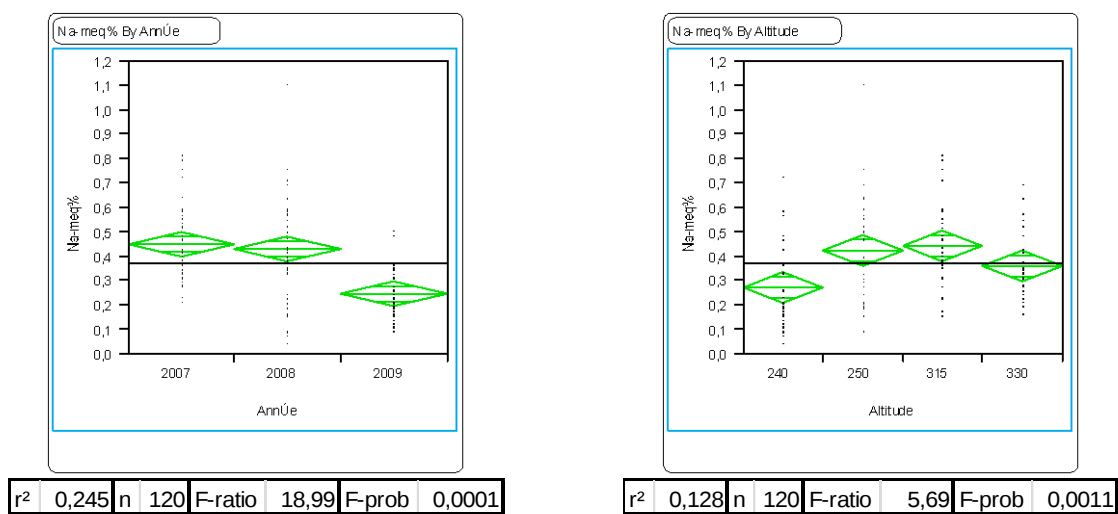


Figure 36 : ANOVA teneur en Sodium échangeable (Na-meq%) des sols - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

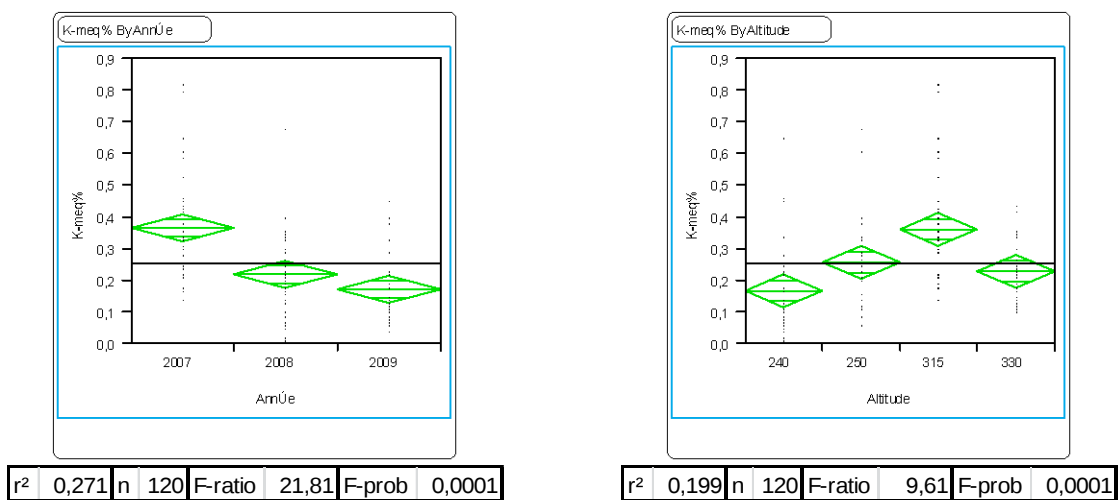


Figure 37 : ANOVA teneur en Potassium échangeable (K-meq%) des sols - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

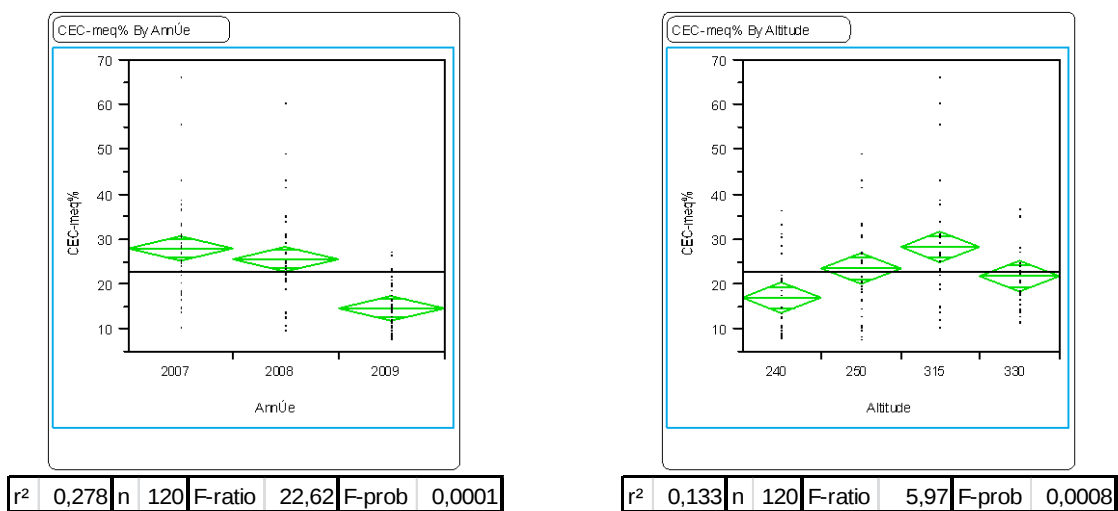


Figure 38 : ANOVA capacité d'échanges (CEC-meq-%) des sols - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

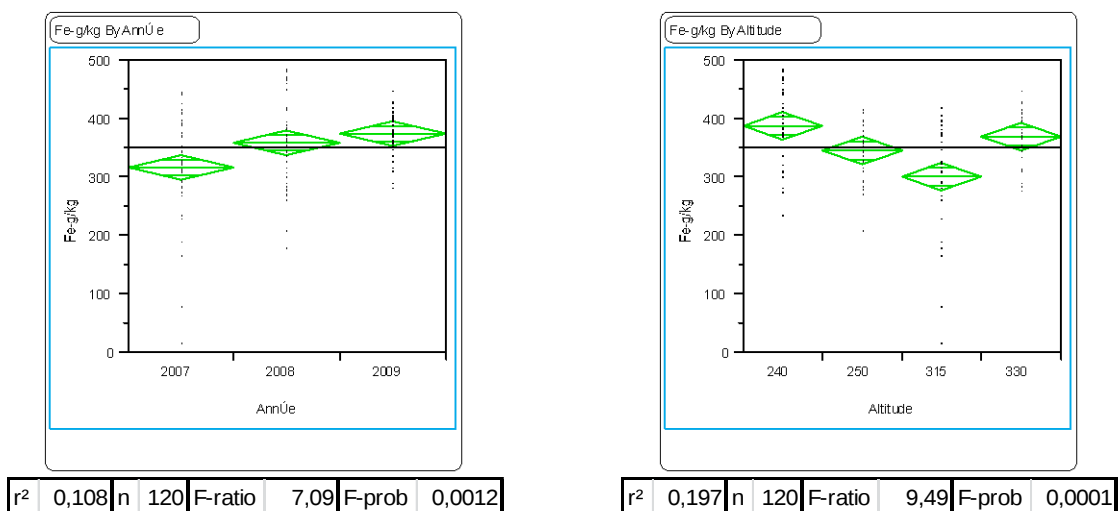


Figure 39 : ANOVA teneur en Fer total (Fe- g/kg) des sols - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

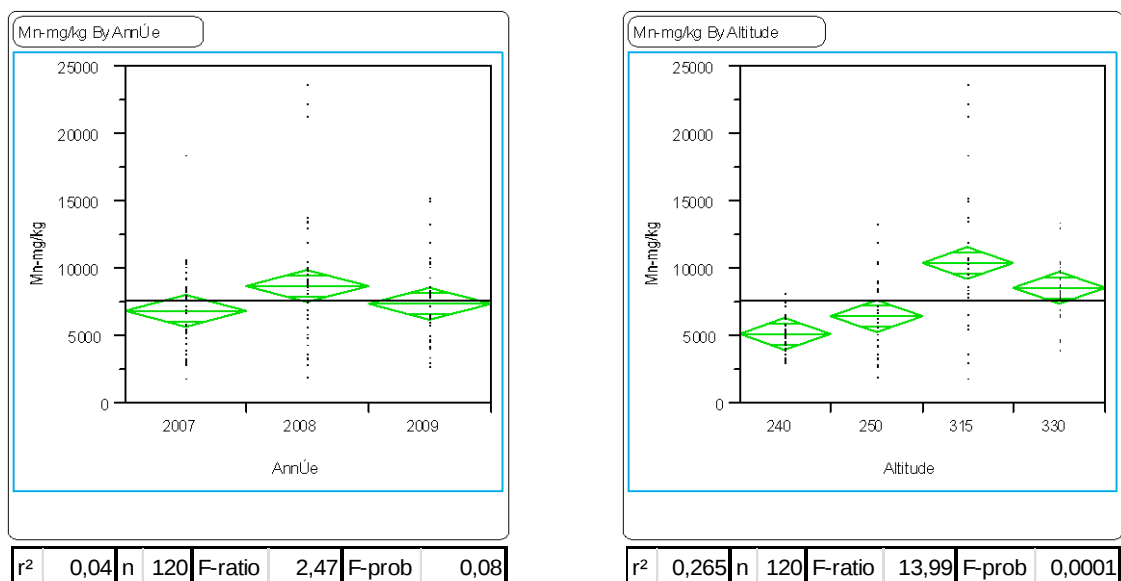


Figure 40 : ANOVA teneur en Manganèse total (Mn- mg/kg) des sols - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

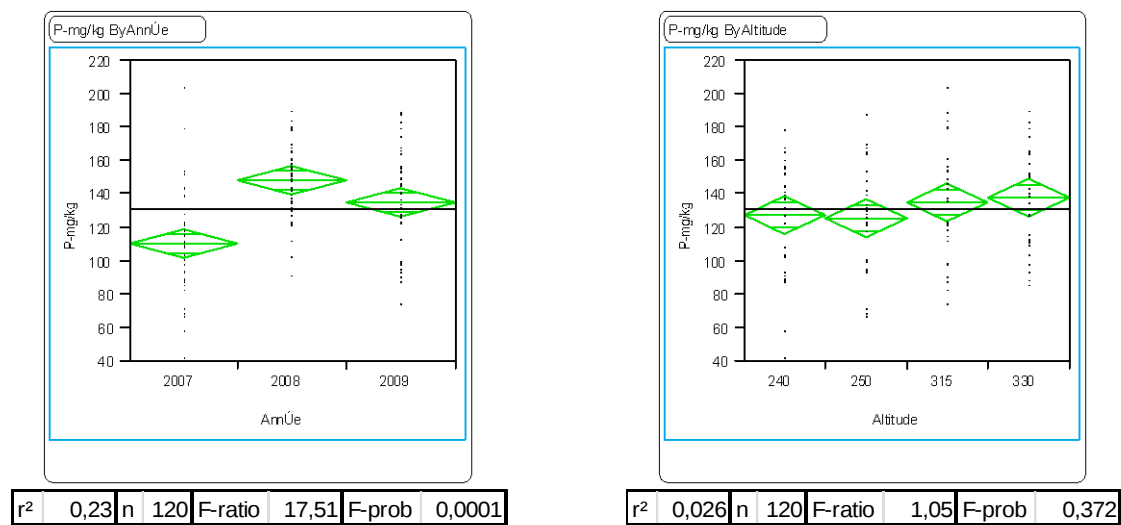


Figure 41 : ANOVA teneur en Phosphore total (P- mg/kg) des sols - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

L'analyse de variance effectuée sur la composition chimique des sols du Pic du Grand Kaori prélevés sur les parcelles permanentes en 2007, 2008 et 2009 montre plusieurs tendances :

- Les teneurs en N, C, S, Ca, Mg, Na, K et CEC montrent une diminution significative de 2007 à 2009.
- Les teneurs en Fe montrent une augmentation légèrement significative de 2007 à 2009.
- Les teneurs en N, C, S, Ca, Mg, Na, K, CEC, Fe et Mn varient de manière significative entre les parcelles se trouvant à des altitudes différentes.
- Les teneurs en N, C, Ca, Mg, Na, K, CEC, Mn montrent les mêmes variations selon l'altitude.
- La teneur en S diminue avec l'augmentation en altitude.

ANOVA des éléments dans la litière des parcelles de Forêt-Nord

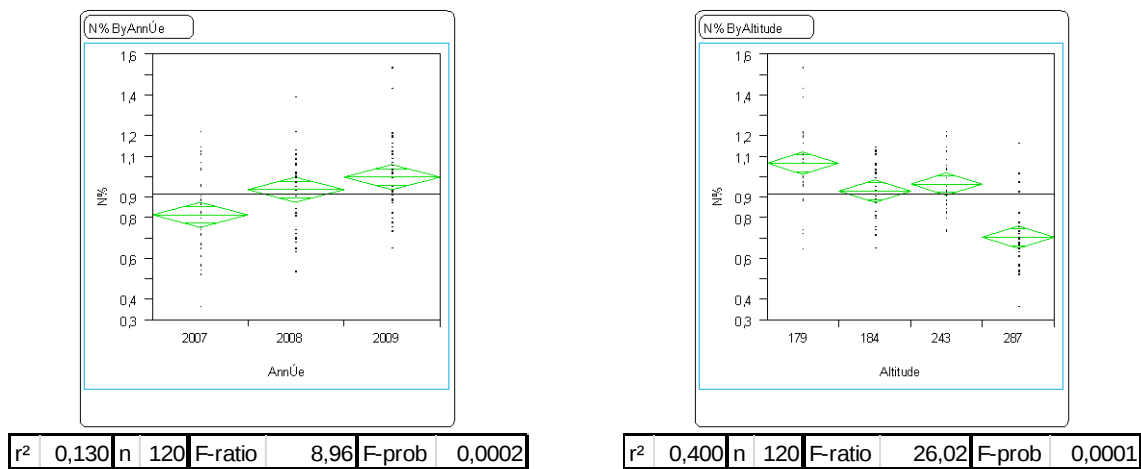


Figure 42 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des litières - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

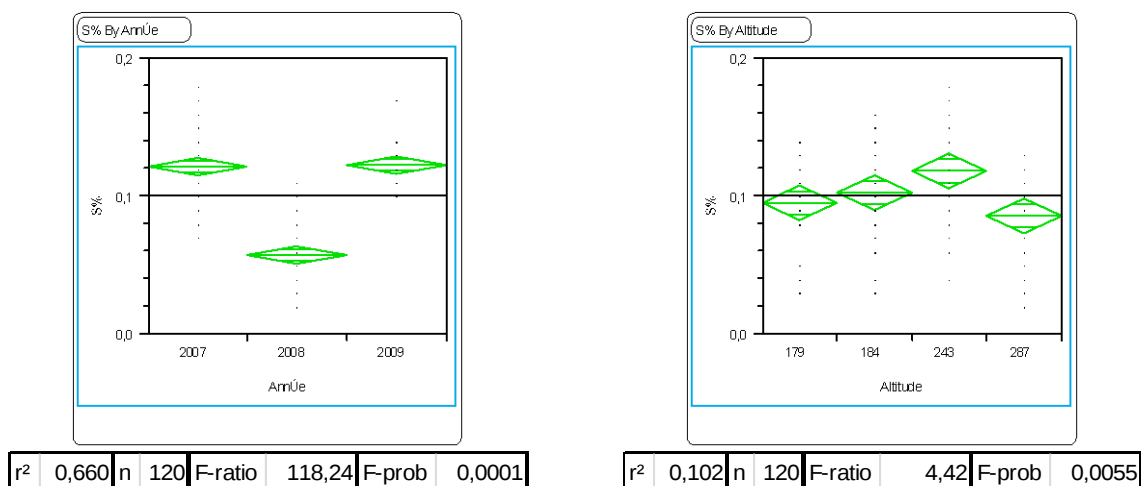


Figure 43 : ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des litières - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

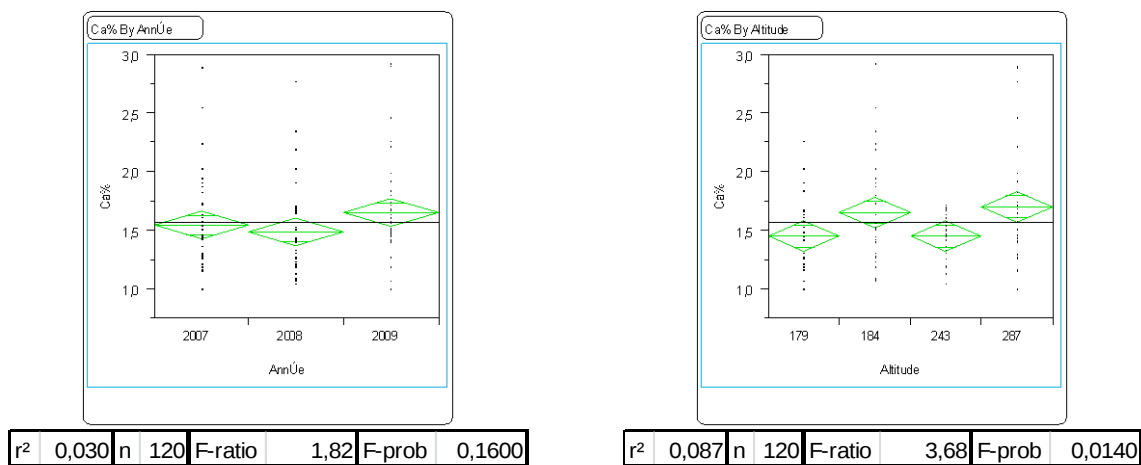


Figure 44 : ANOVA teneur en Calcium total (Ca- %) des litières - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

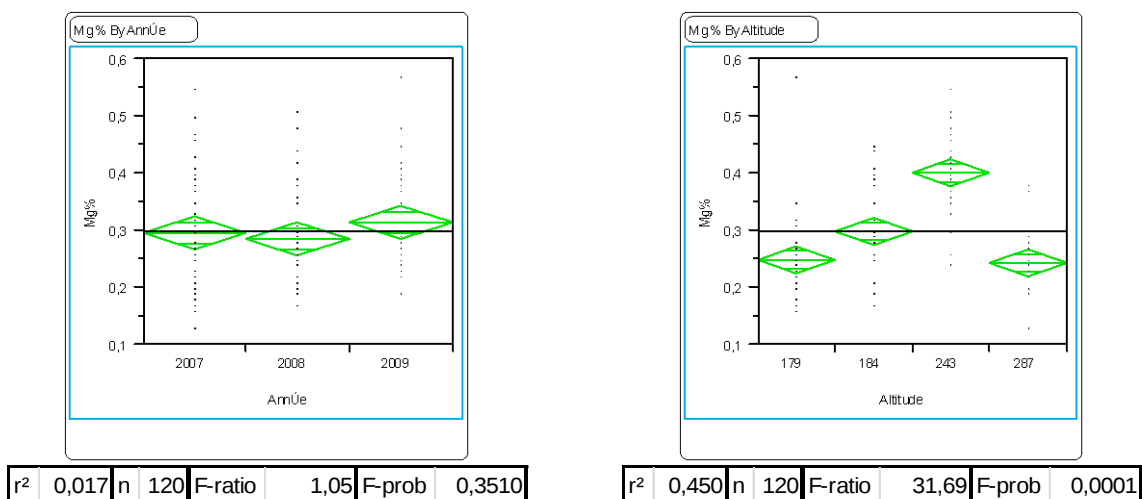


Figure 45 : ANOVA teneur en Magnésium total (Mg- %) des litières - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

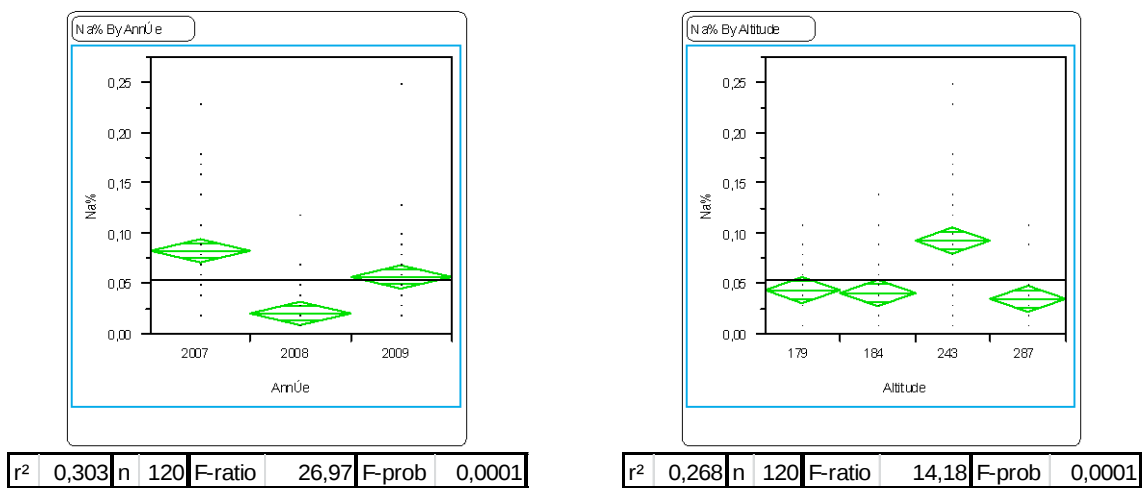


Figure 46 : ANOVA teneur en Sodium total (Na- %) des litières - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

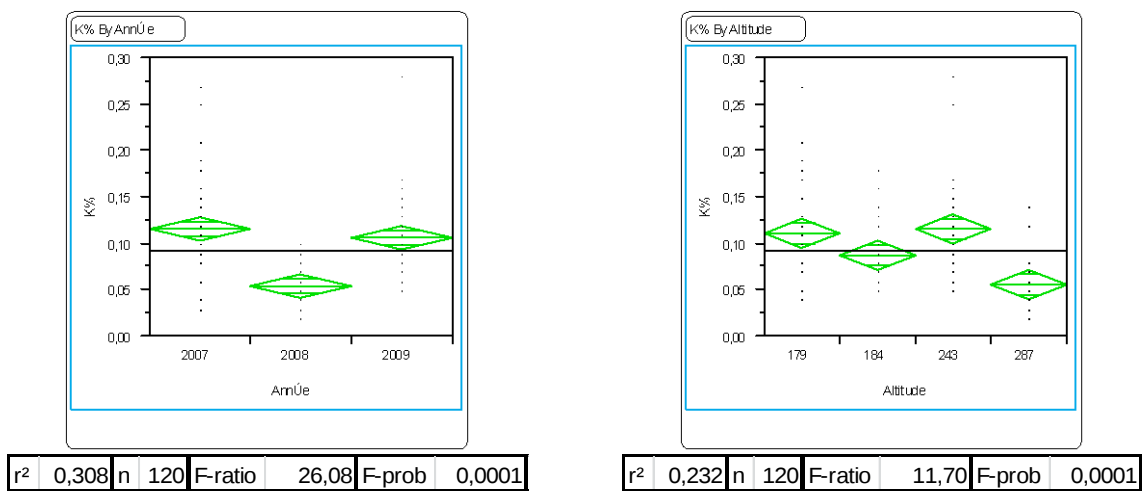


Figure 47 : ANOVA teneur en Potassium total (K- %) des litières - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

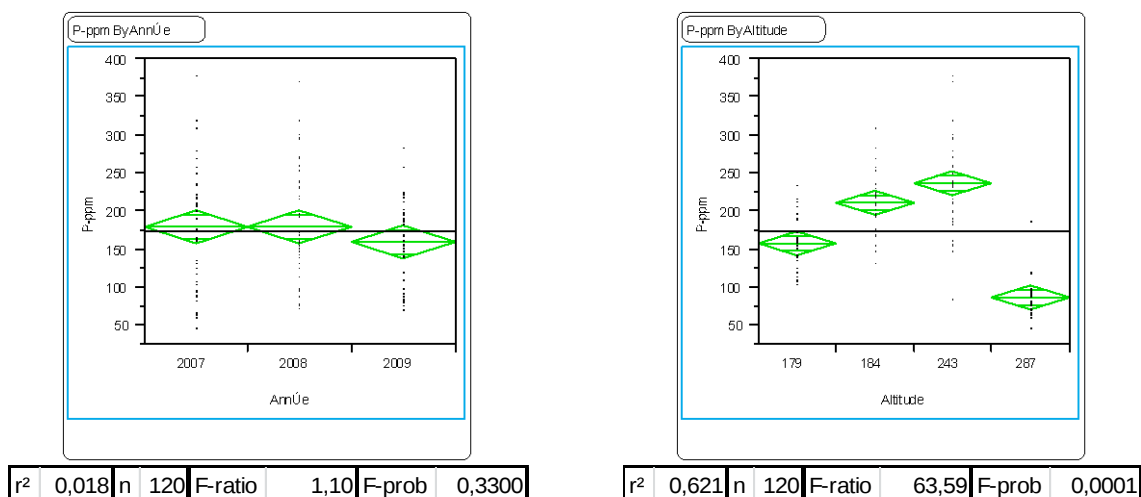


Figure 48 : ANOVA teneur en Phosphore total (P- ppm) des litières - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

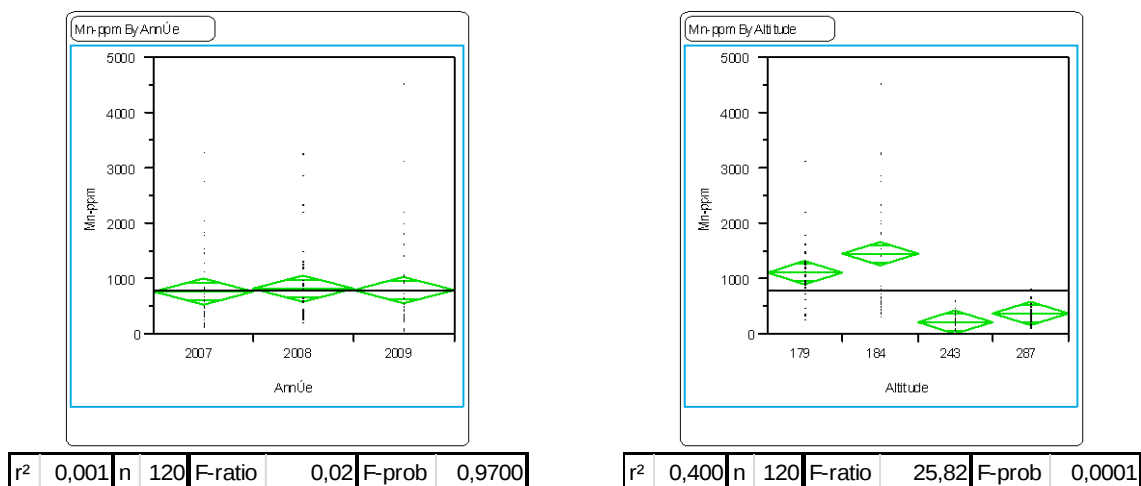


Figure 49 : ANOVA teneur en Manganèse total (Mn- ppm) des litières - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

L'analyse de variance effectuée sur la composition chimique des litières de Forêt-Nord prélevées sur les parcelles permanentes en 2007, 2008 et 2009 montre plusieurs tendances :

- La teneur en N montre une augmentation significative de 2007 à 2009.
- Les teneurs en S, Na et K varient de façon significative entre 2007 et 2009. Ces changements pourraient être considérés comme des variations cycliques.
- Les teneurs en N, C, S, Ca, Mg, Na, K, CEC, Fe et Mn varient de manière significative entre les parcelles se trouvant à des altitudes différentes.
- Les teneurs en S, Mg, Na, P et Mn montrent les mêmes variations selon l'altitude. Elles sont plus élevées dans la parcelle FN2.
- La teneur en Mn est significativement plus élevée dans les stations de basse altitude (FN4-179m, FN1-185m) que dans les stations de piedmont (FN2-243m, FN3-287m).

ANOVA des éléments dans la litière des parcelles du Pic du Grand Kaori

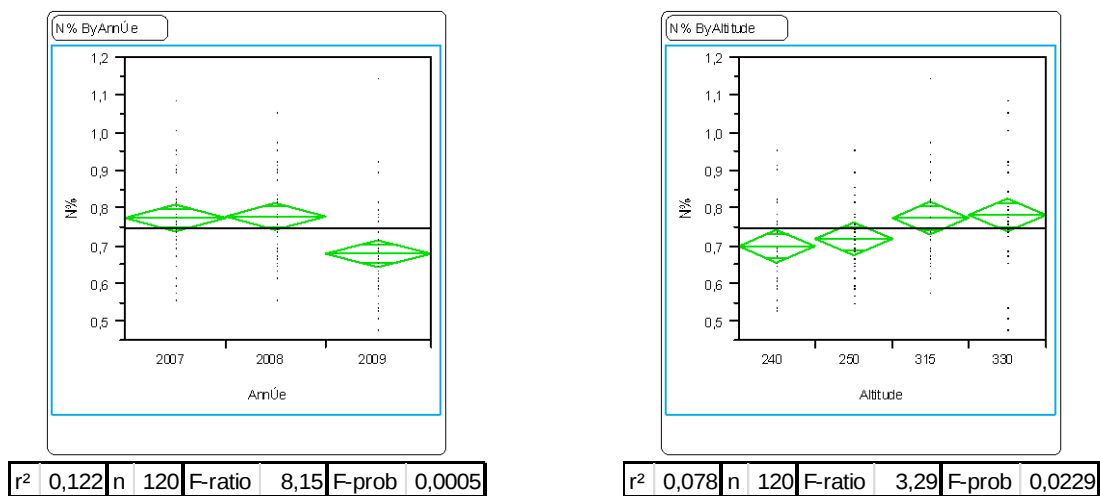


Figure 50 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des litières - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

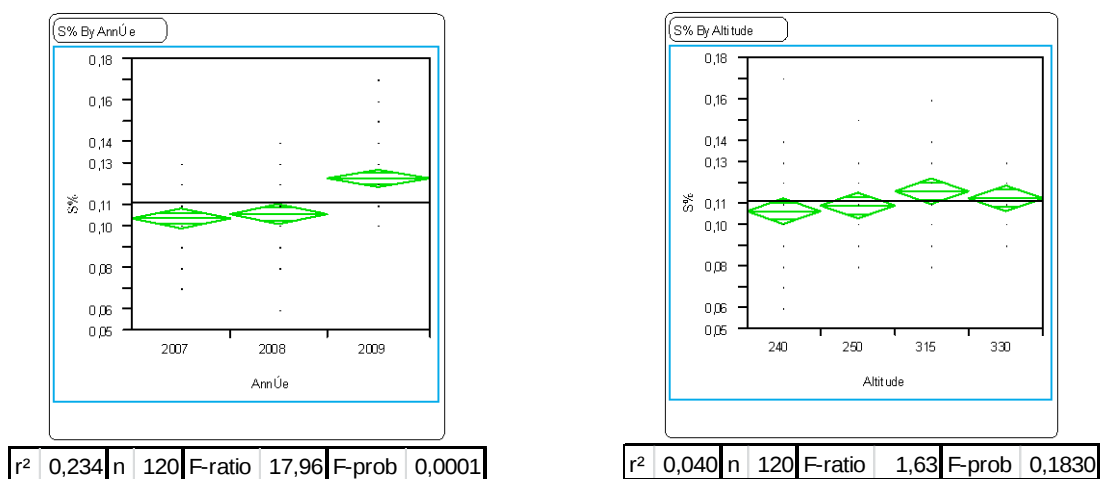


Figure 51 : ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des litières - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

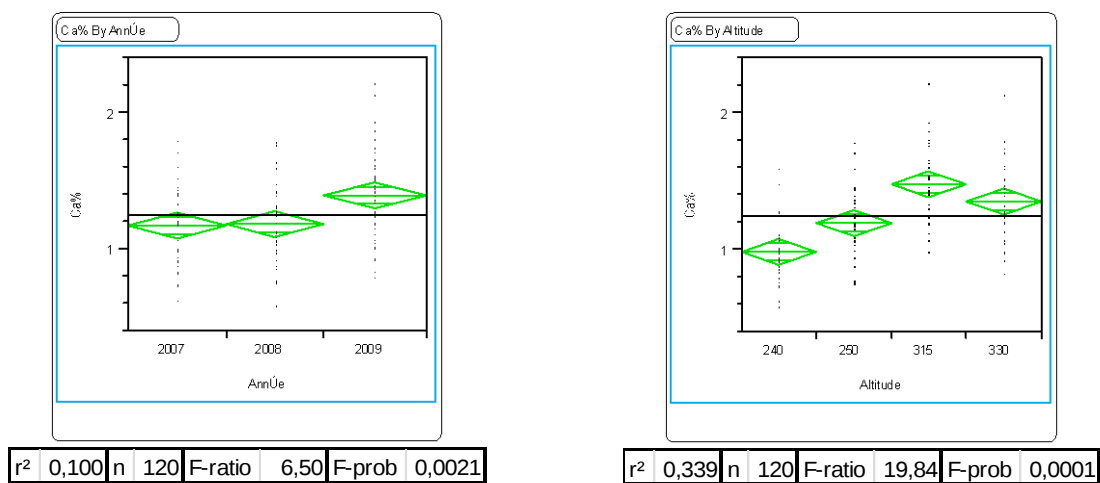


Figure 52 : ANOVA teneur en Calcium total (Ca- %) des litières - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

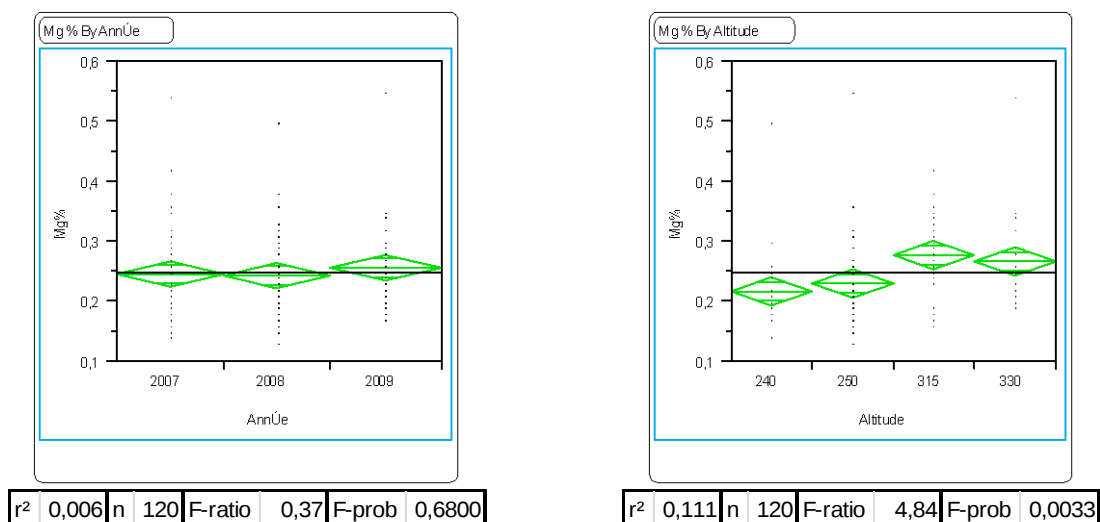


Figure 53 : ANOVA teneur en Magnésium total (Mg- %) des litières - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

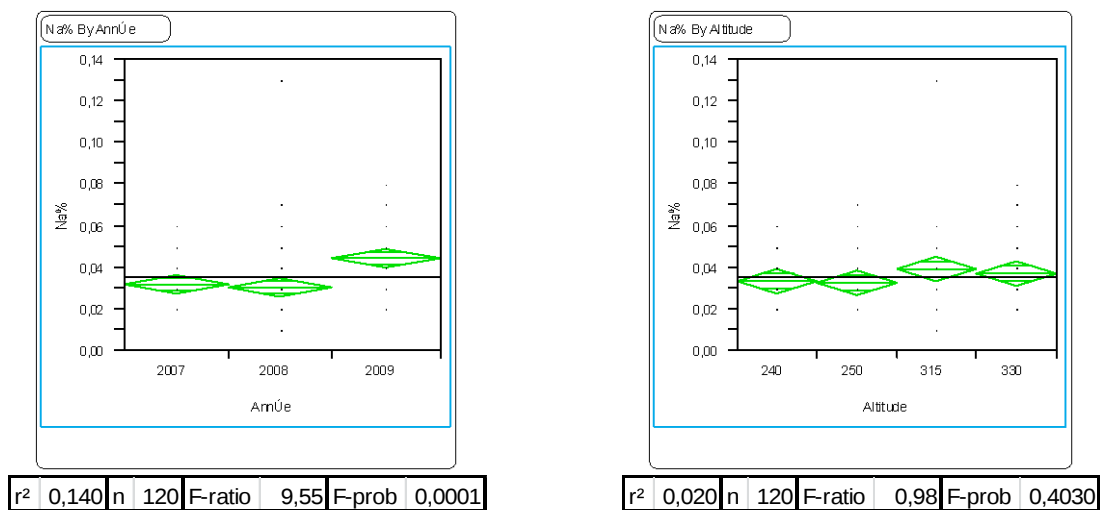


Figure 54 : ANOVA teneur en Sodium total (Na- %) des litières - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

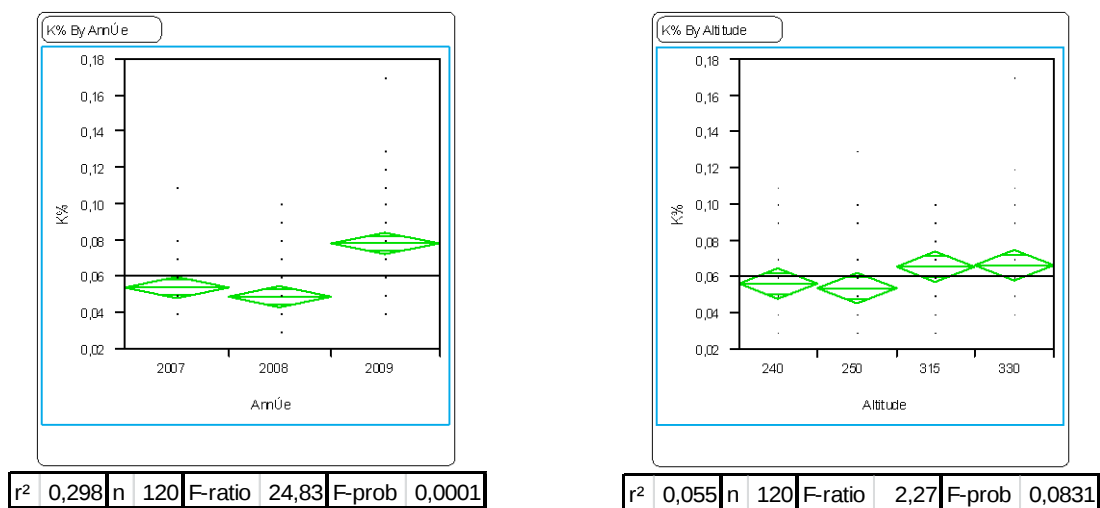


Figure 55 : ANOVA teneur en Potassium total (K- %) des litières - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

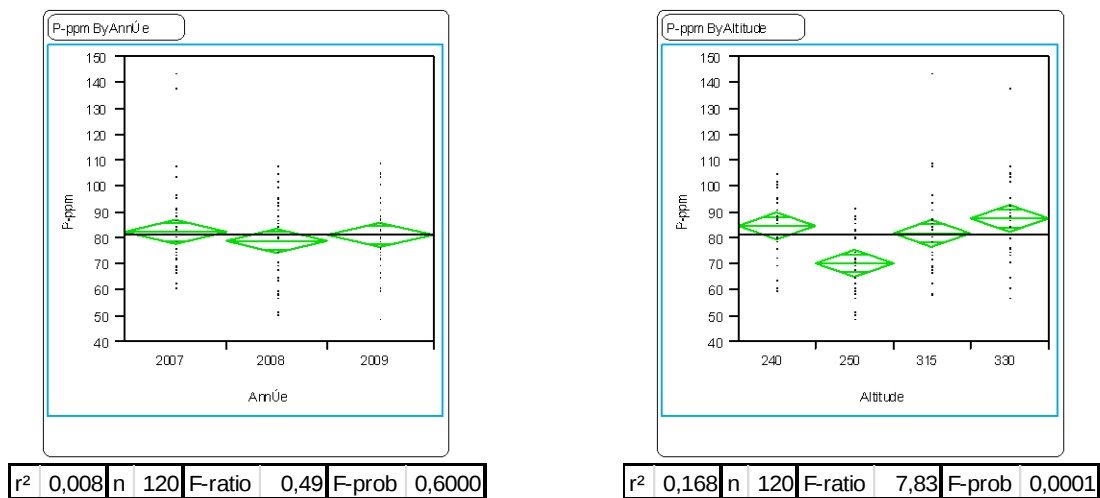


Figure 56 : ANOVA teneur en Phosphore total (P- ppm) des litières - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

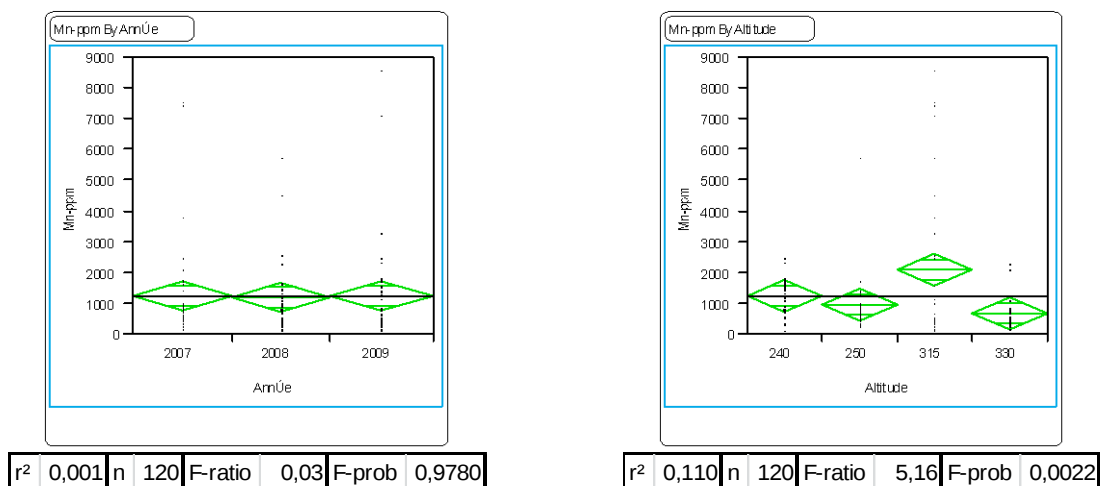


Figure 57 : ANOVA teneur en Manganèse total (Mn- ppm) des litières - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

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

- La teneur en N montre une diminution significative de 2007 à 2009.
- Les teneurs en S, Ca et Na montrent une augmentation significative de 2007 à 2009.
- Les teneurs en N, Ca, Mg, P et Mn varient de manière significative entre les parcelles selon l'altitude.
- Les teneurs croissantes en N, Ca et Mg coïncident avec l'altitude de la parcelle.

ANOVA des éléments dans les feuilles de *Meryta coriacea* sur les parcelles de Forêt-Nord

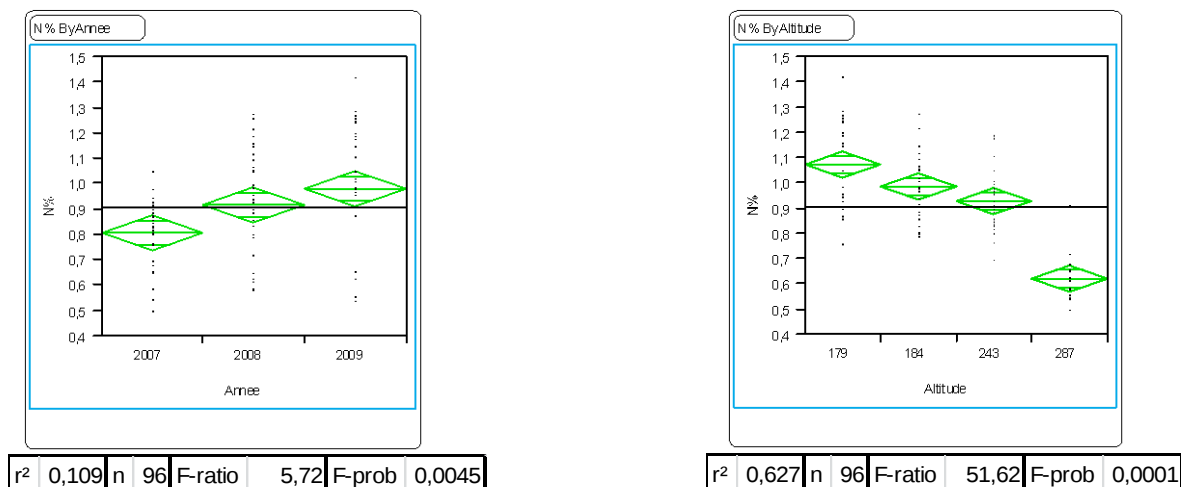


Figure 58 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de *Meryta coriacea* (Araliaceae) - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

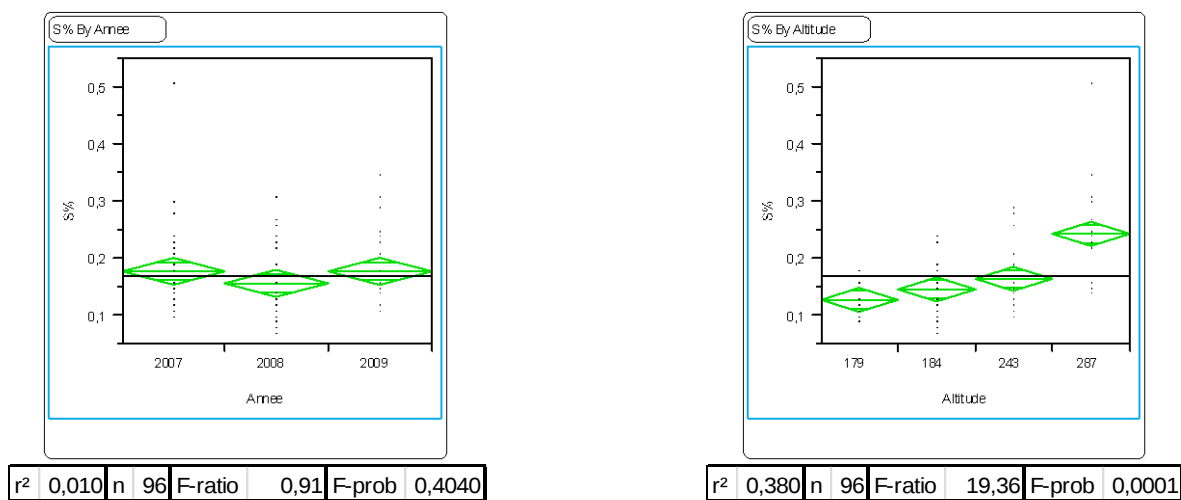


Figure 59 : ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des feuilles de *Meryta coriacea* (Araliaceae) - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

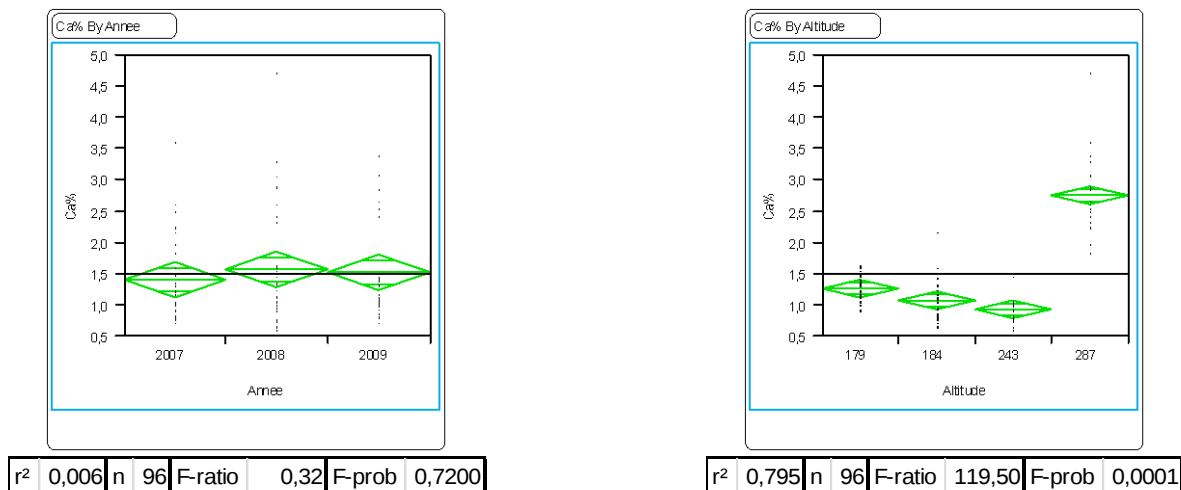


Figure 60 : ANOVA teneur en Calcium total (Ca- %) des feuilles de *Meryta coriacea* (Araliaceae) - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

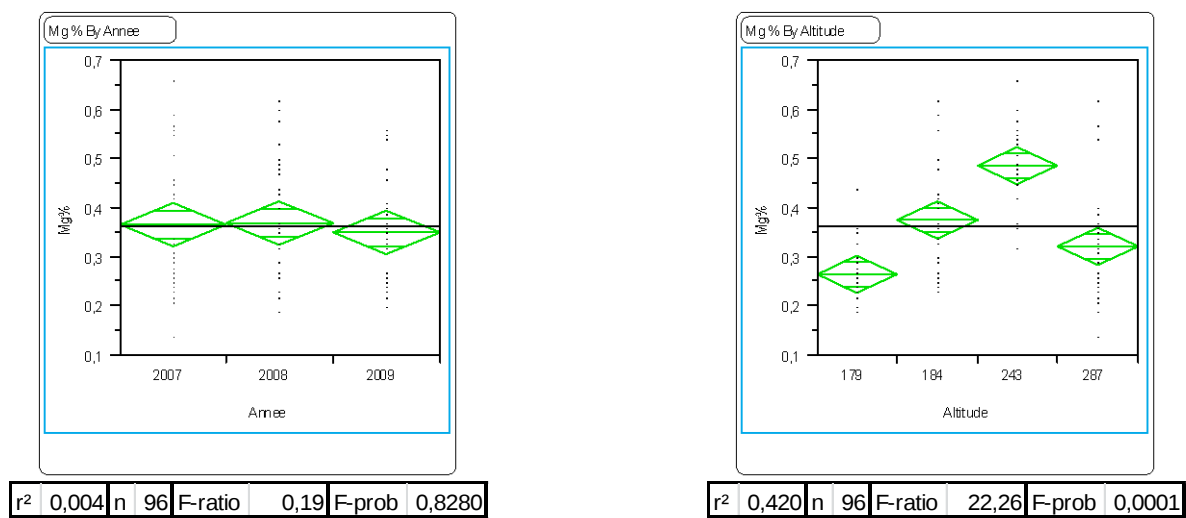


Figure 61 : ANOVA teneur en Magnésium total (Mg- %) des feuilles de *Meryta coriacea* (Araliaceae) - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

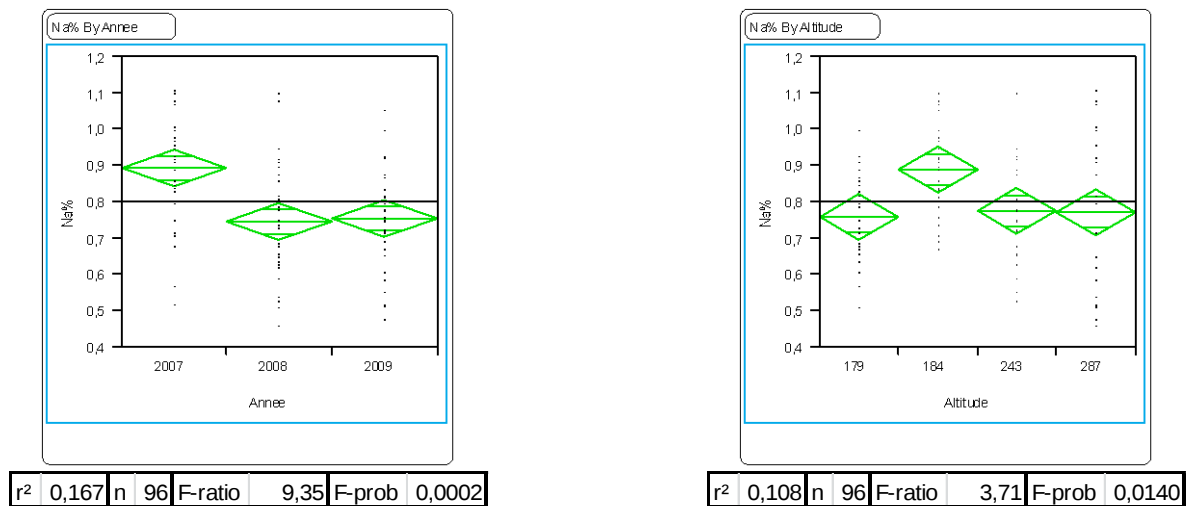


Figure 62 : ANOVA teneur en Sodium total (Na- %) des feuilles de *Meryta coriacea* (Araliaceae) - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

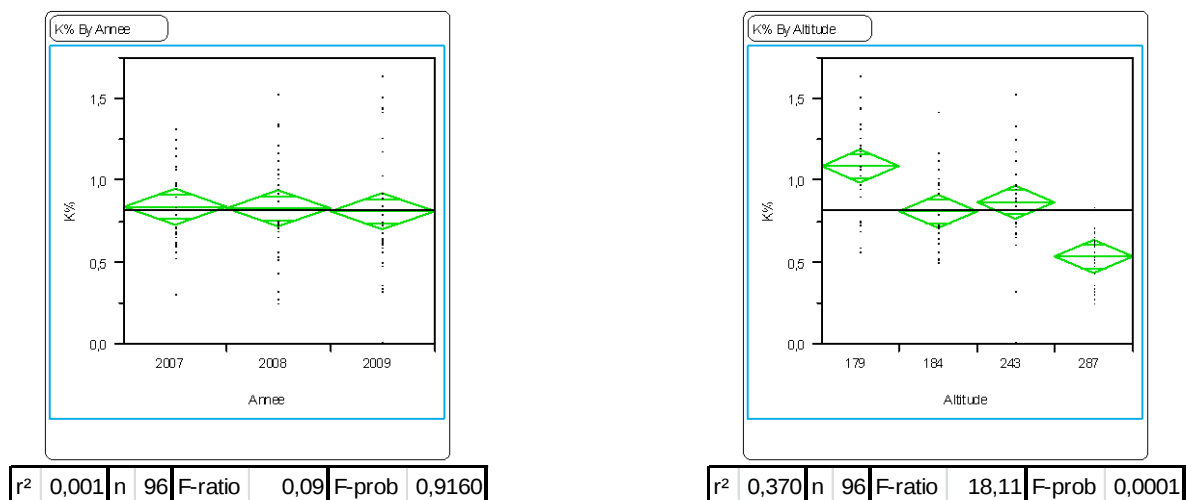


Figure 63 : ANOVA teneur en Potassium total (K- %) des feuilles de *Meryta coriacea* (Araliaceae) - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

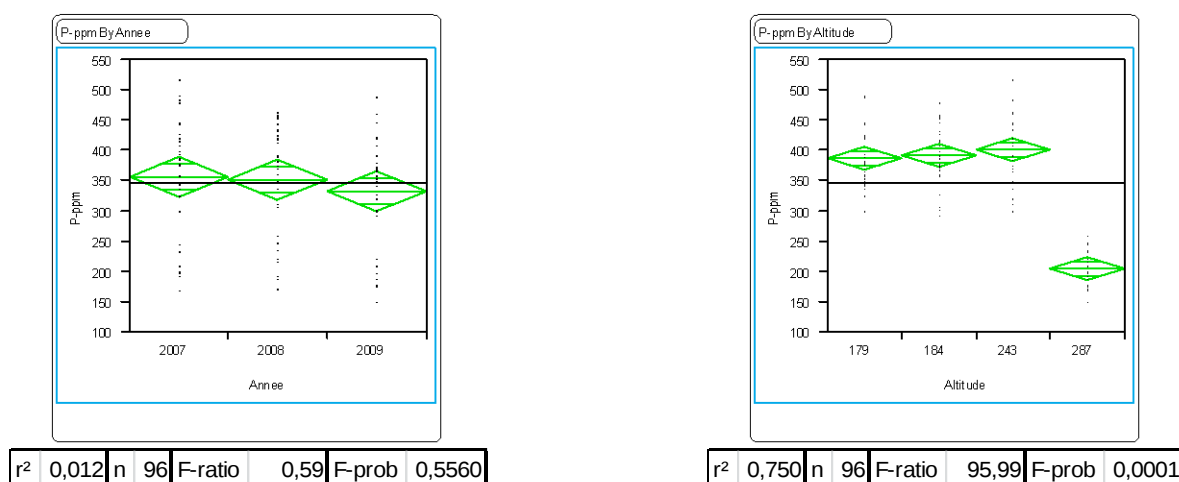


Figure 64 : ANOVA teneur en Phosphore total (P- ppm) des feuilles de *Meryta coriacea* (Araliaceae) - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

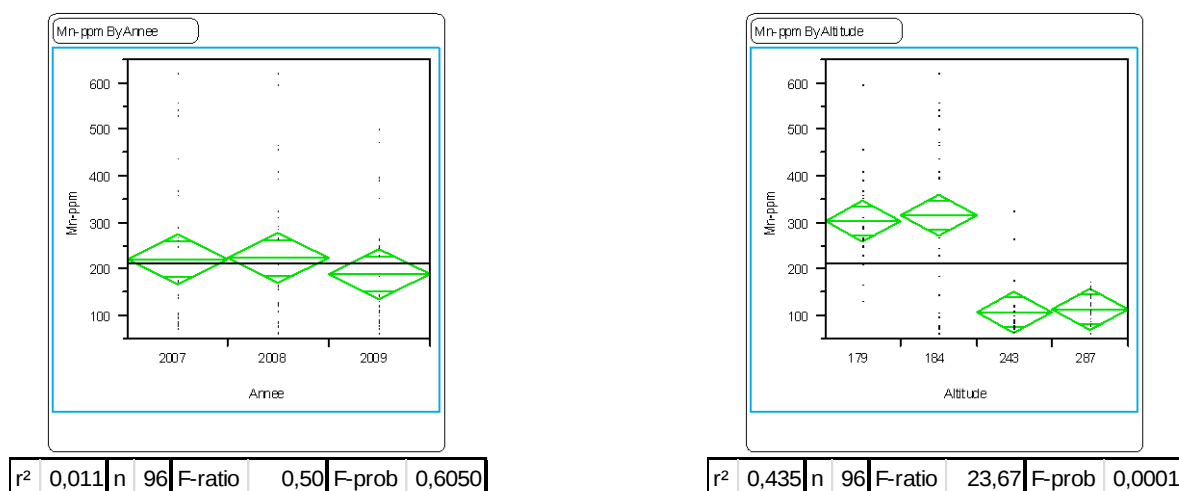


Figure 65 : ANOVA teneur en Manganèse total (Mn- ppm) des feuilles de *Meryta coriacea* (Araliaceae) - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

L'analyse de variance effectuée sur la composition chimique des feuilles de *Meryta coriacea* (Araliaceae) prélevées sur les parcelles permanentes en 2007, 2008 et 2009 en Forêt-Nord montrent plusieurs tendances :

- La teneur en N a montré une augmentation significative de 2007 à 2009.
- La teneur en Na a montré une diminution significative de 2007 à 2009.
- Les teneurs en N, K, et Mn montrent des différences significatives entre les parcelles selon l'altitude, les parcelles du bas contenant une plus forte teneur que les parcelles du haut.
- La teneur en S montre une augmentation significative entre les parcelles selon l'altitude, les parcelles du bas contenant une plus faible teneur que les parcelles du haut.

ANOVA des éléments dans les feuilles de *Pandanus sp.* (*Pandanaceae*) sur les parcelles de Forêt-Nord

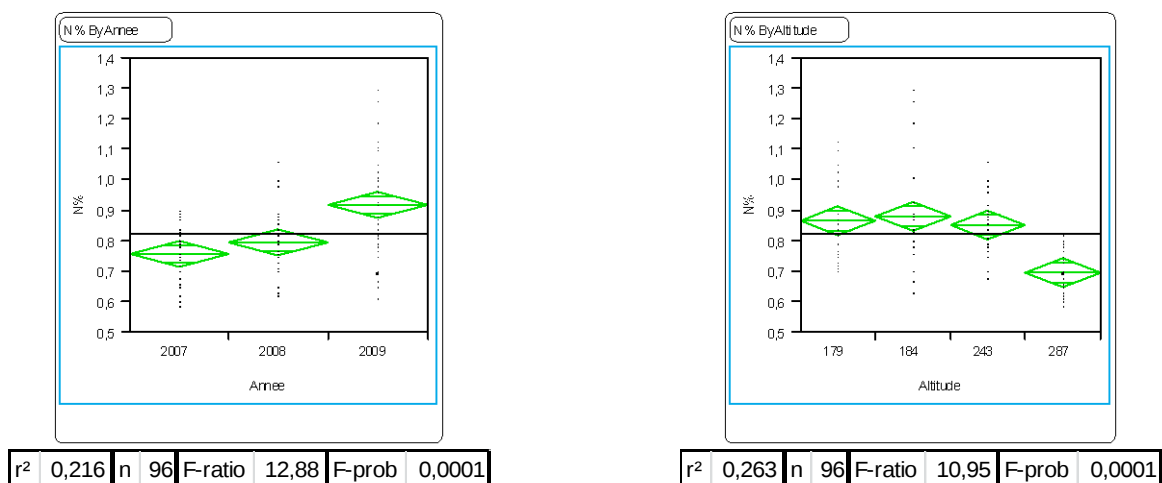


Figure 66 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de *Pandanus sp.* (*Pandanaceae*) - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

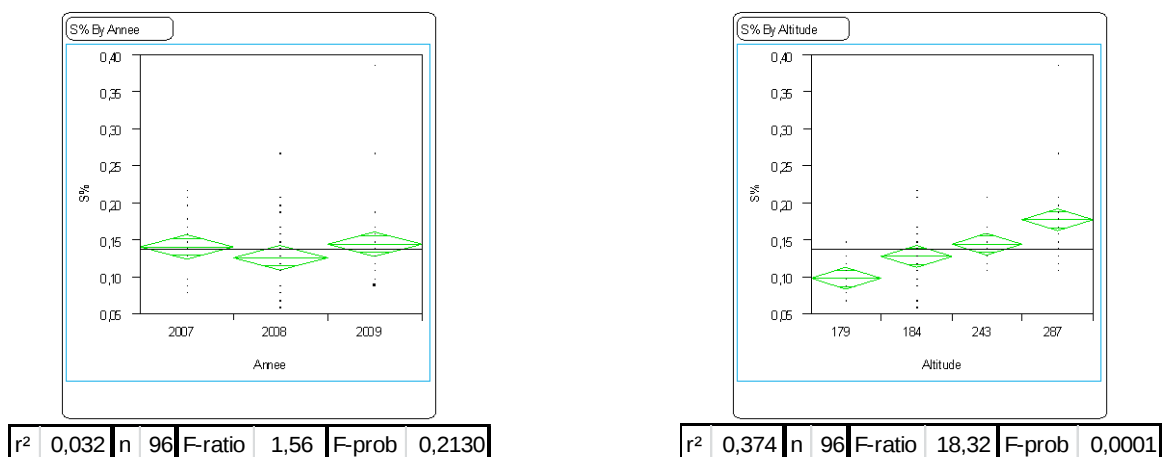


Figure 67 : ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des feuilles de *Pandanus sp.* (*Pandanaceae*) - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

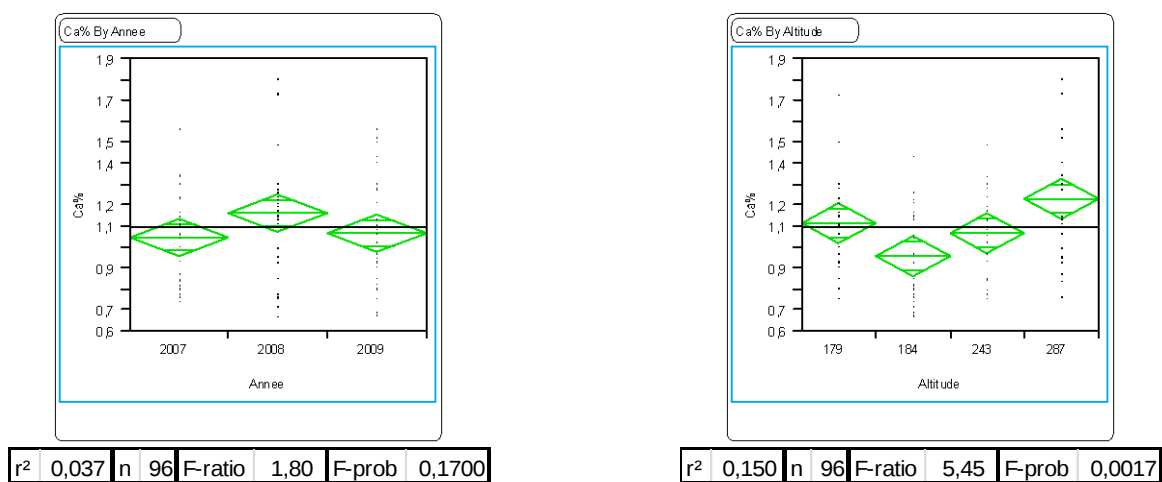


Figure 68 : ANOVA teneur en Calcium total (Ca- %) des feuilles de *Pandanus sp.* (*Pandanaceae*) - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

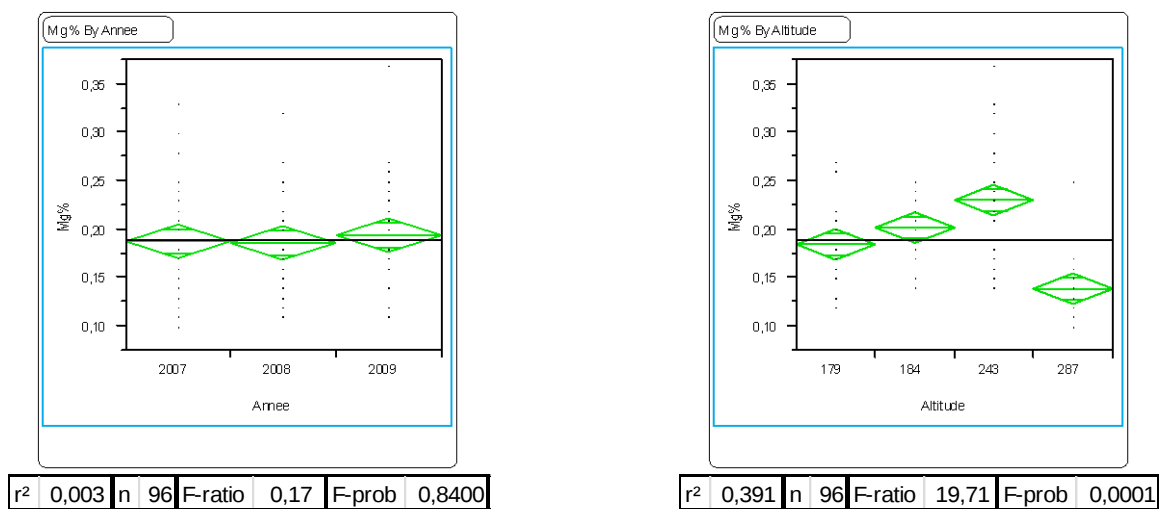


Figure 69 : ANOVA teneur en Magnésium total (Mg- %) des feuilles de *Pandanus sp.* (*Pandanaceae*) - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

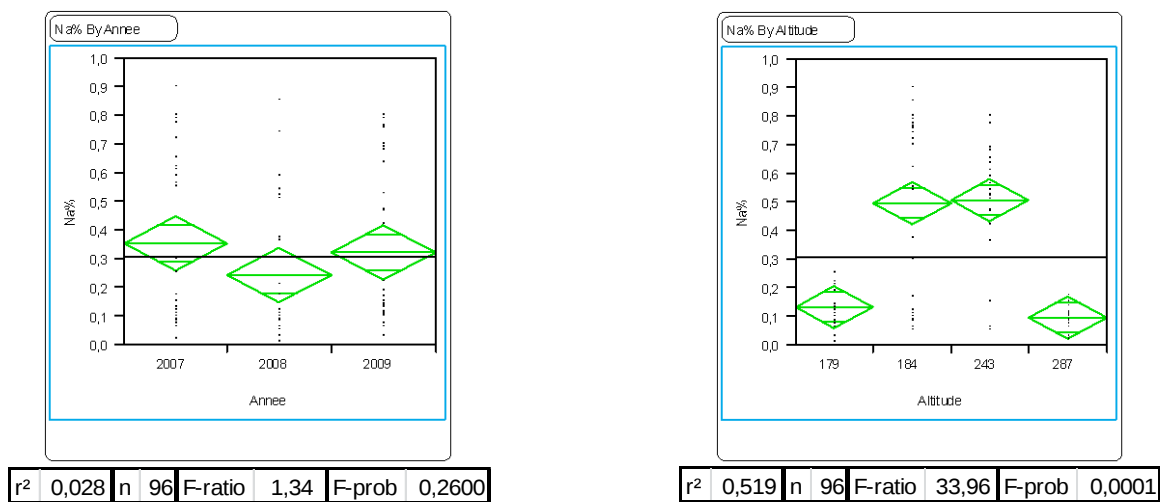


Figure 70 : ANOVA teneur en Sodium total (Na- %) des feuilles de *Pandanus sp.* (*Pandanaceae*) - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

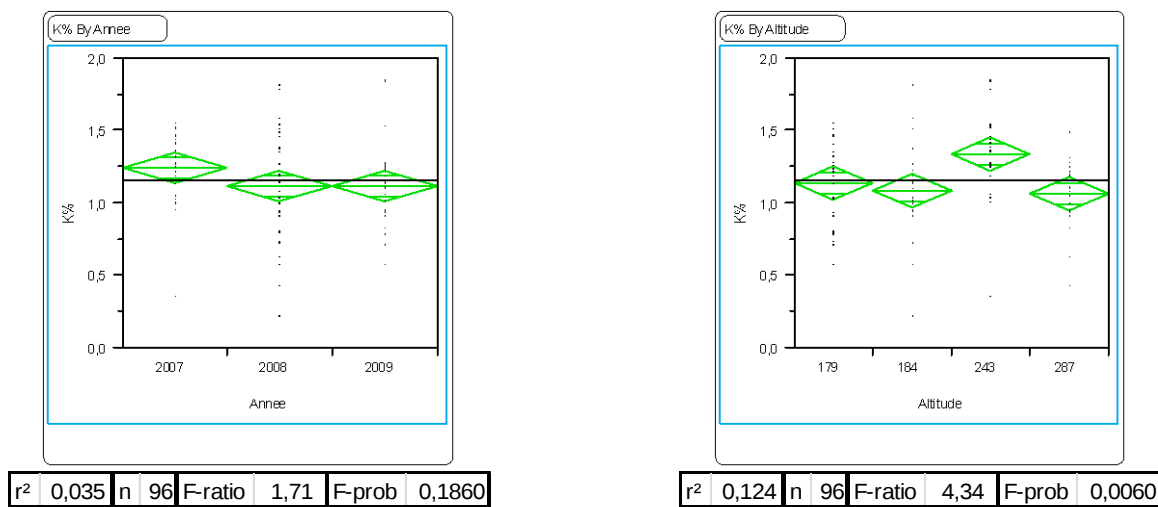


Figure 71 : ANOVA teneur en Potassium total (K- %) des feuilles de *Pandanus sp.* (*Pandanaceae*) - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

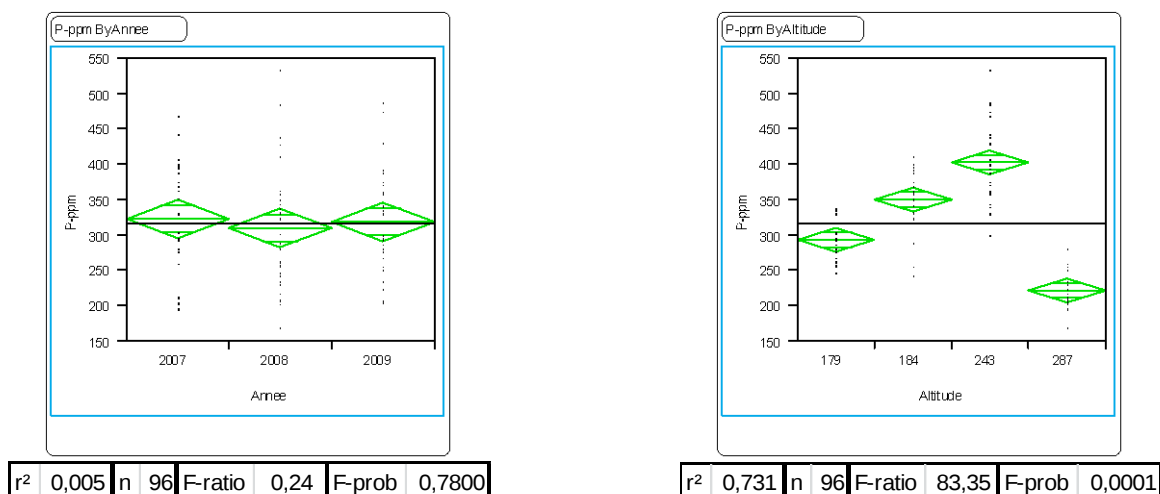


Figure 72 : ANOVA teneur en Phosphore total (P- ppm) des feuilles de *Pandanus sp. (Pandanceae)* - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

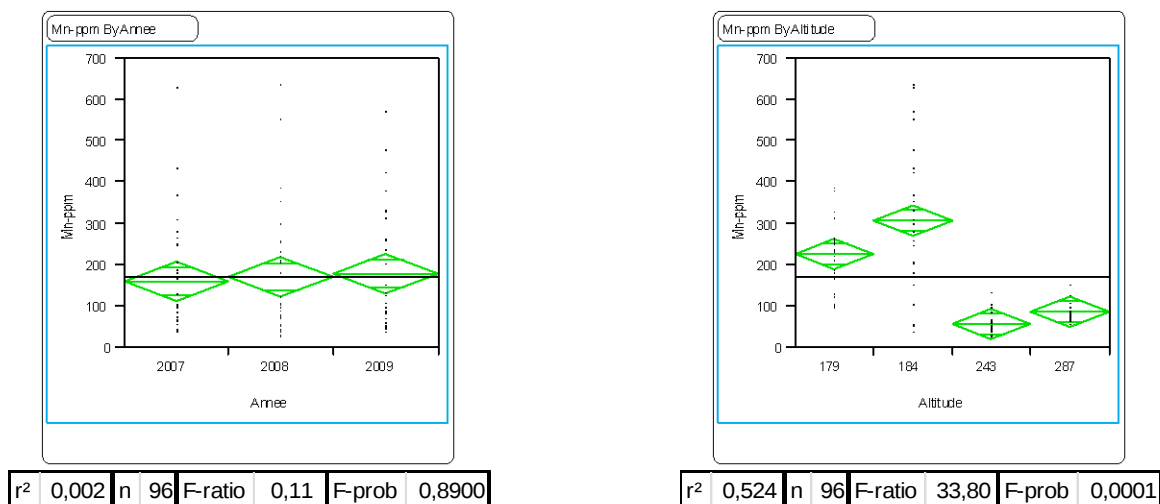


Figure 73 : ANOVA teneur en Manganèse (Mn- ppm) des feuilles de *Pandanus sp. (Pandanceae)* - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

L'analyse de variance effectuée sur la composition chimique des feuilles de *Pandanus sp. (Pandanceae)* prélevées sur les parcelles permanentes en 2007, 2008 et 2009 à Forêt-Nord montre plusieurs tendances :

- La teneur en N a montré une augmentation significative de 2007 à 2009.
- Les teneurs en N et Mn montrent des différences significatives entre les parcelles selon l'altitude, les parcelles du bas contenant une plus forte teneur que les parcelles du haut.
- Les teneurs en Ca, Mg, Na et P montrent des différences significatives entre les parcelles selon l'altitude de manière aléatoire.
- La teneur en S montre une augmentation significative entre les parcelles selon l'altitude, les parcelles du bas contenant une plus faible teneur que les parcelles du haut.

ANOVA des éléments dans les feuilles de *Meryta coriacea* (Araliaceae) sur les parcelles du Pic du Grand Kaori

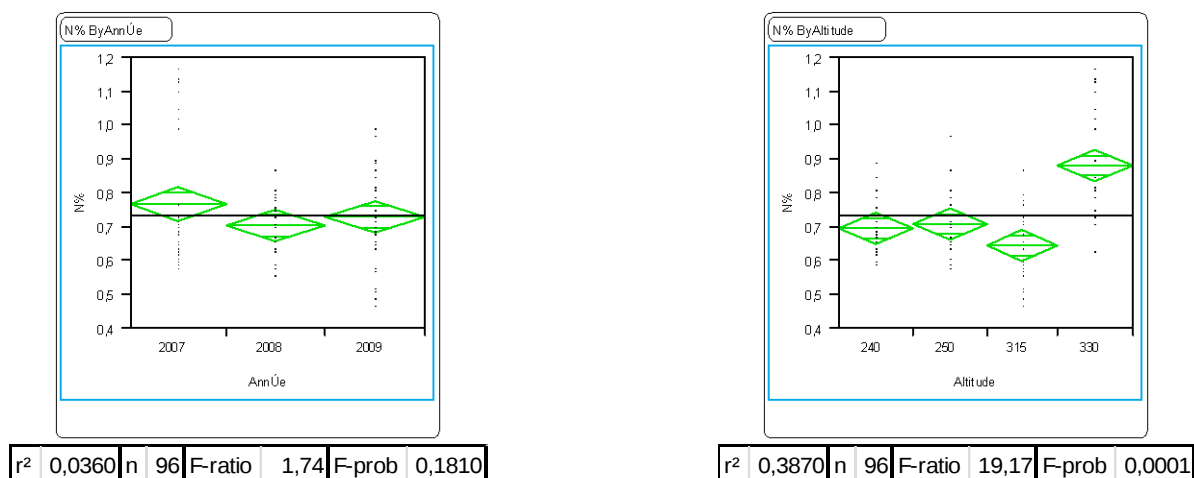


Figure 74 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de *Meryta coriacea* (Araliaceae) - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

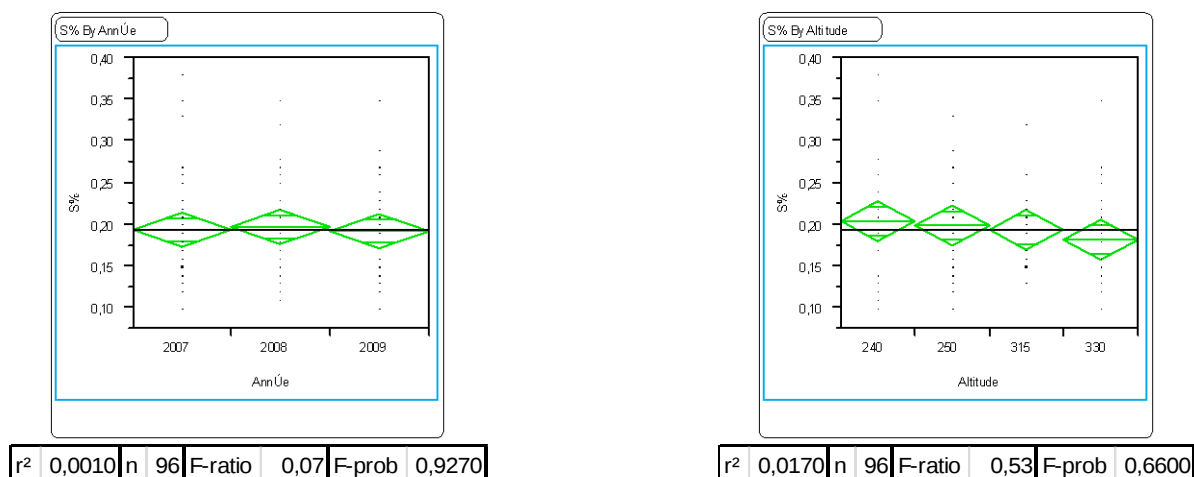


Figure 75 : ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des feuilles de *Meryta coriacea* (Araliaceae) - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

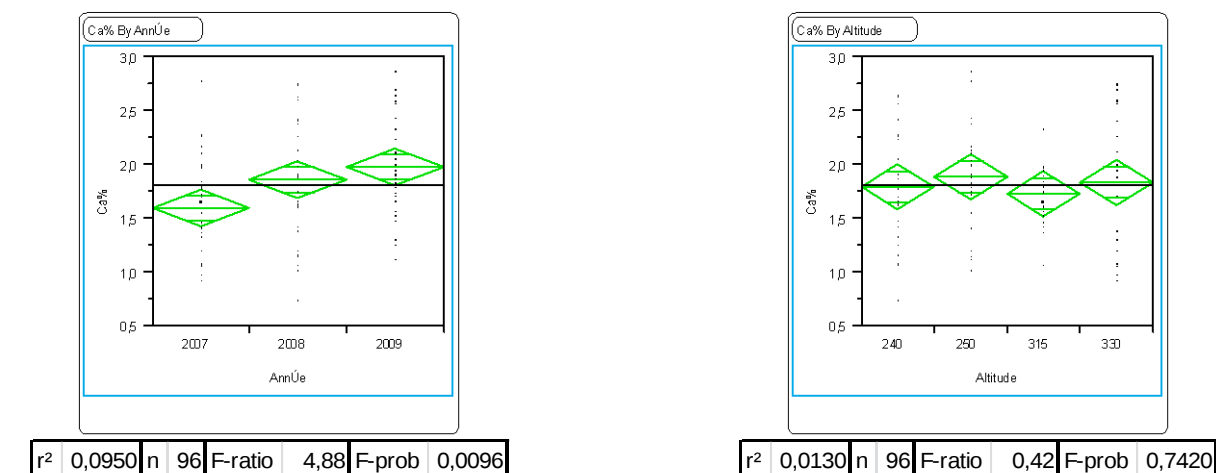


Figure 76: ANOVA teneur en Calcium (Ca- %) des feuilles de *Meryta coriacea* (Araliaceae) - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

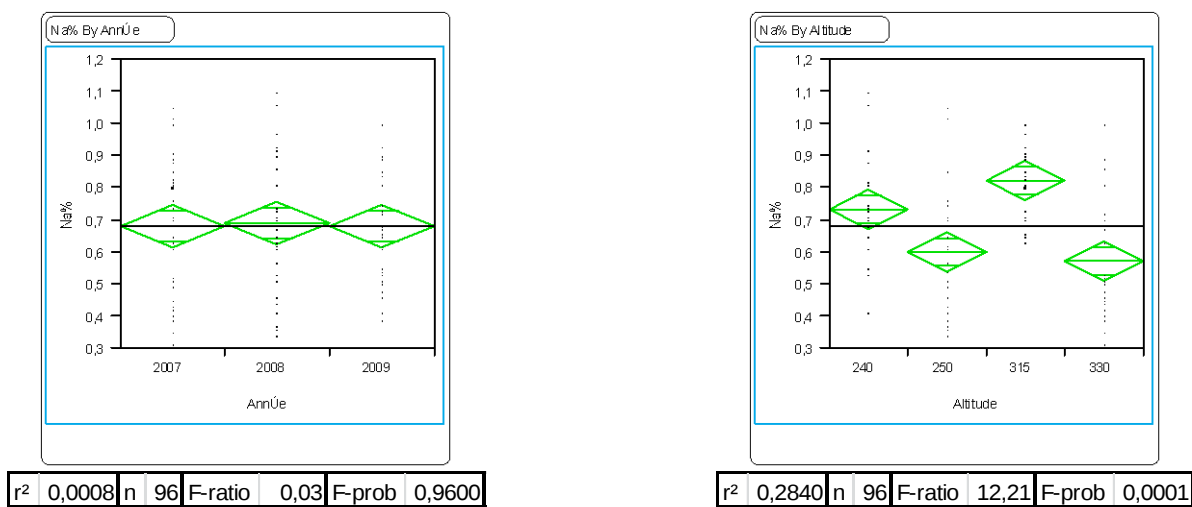


Figure 77 : ANOVA teneur en Sodium (Na- %) des feuilles de *Meryta coriacea* (Araliaceae) - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

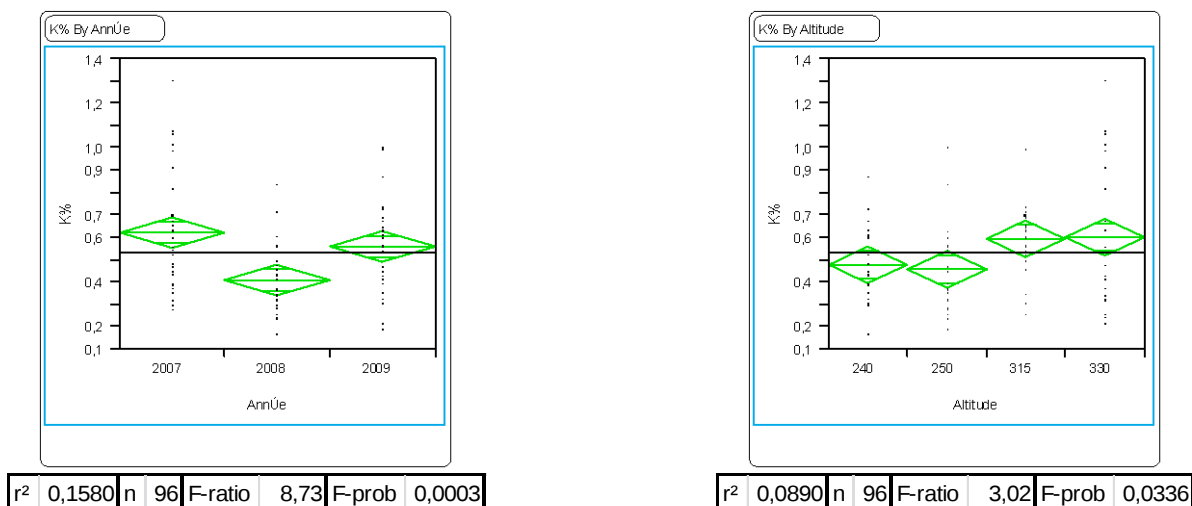


Figure 78 : ANOVA teneur en Potassium (K- %) des feuilles de *Meryta coriacea* (Araliaceae) - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

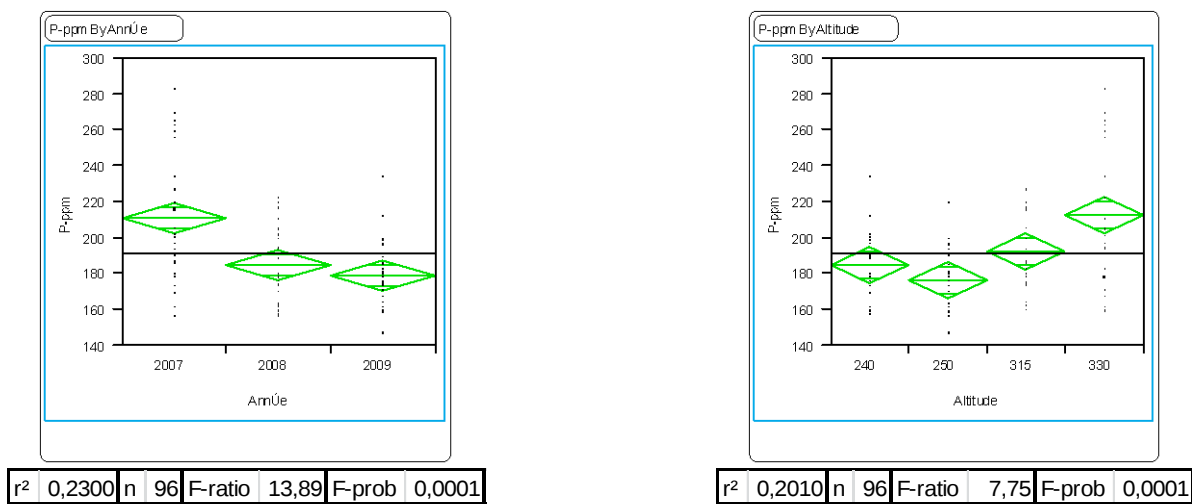


Figure 79 : ANOVA teneur en Phosphore total (P- ppm) des feuilles de *Meryta coriacea* (Araliaceae) - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

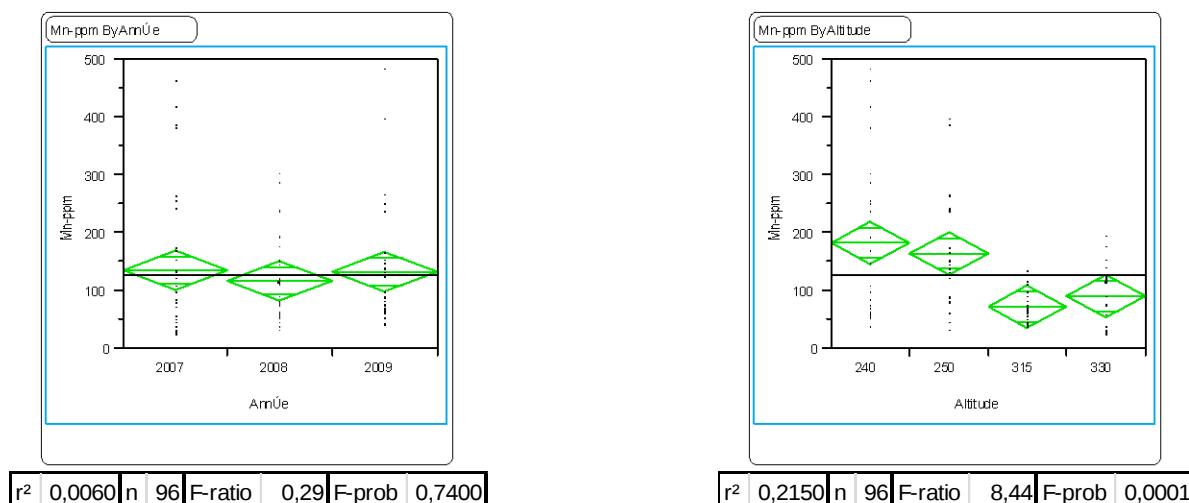


Figure 80 : ANOVA teneur en Manganèse total (Mn- ppm) des feuilles de *Meryta coriacea* (Araliaceae) - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

L'analyse de variance effectuée sur la composition chimique des feuilles de *Meryta coriacea* (Araliaceae) prélevées sur les parcelles permanentes en 2007, 2008 et 2009 au Pic du Grand Kaori montre plusieurs tendances :

- La teneur en Ca montre une augmentation significative de 2007 à 2009.
- La teneur en P montre une diminution significative de 2007 à 2009.
- Les teneurs en N, K et P montrent des différences significatives entre les parcelles selon l'altitude, les parcelles du bas contenant une plus faible teneur que les parcelles du haut.
- La teneur en Mn montre des différences significatives entre les parcelles selon l'altitude, les parcelles du bas contenant une plus forte teneur que les parcelles du haut.
- La teneur en Na montre des différences significatives entre les parcelles selon l'altitude de manière aléatoire.

ANOVA des éléments dans les feuilles de *Pandanus sp. (Pandanaceae)* sur les parcelles du Pic du Grand Kaori

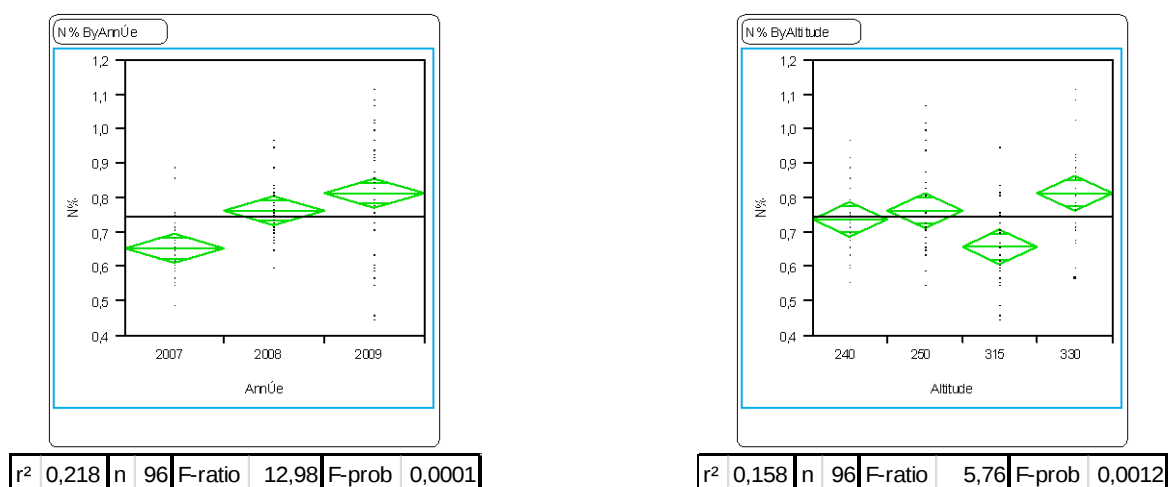


Figure 81 : ANOVA teneur en Azote total (N-%) des feuilles de *Pandanus sp. (Pandanaceae)* - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

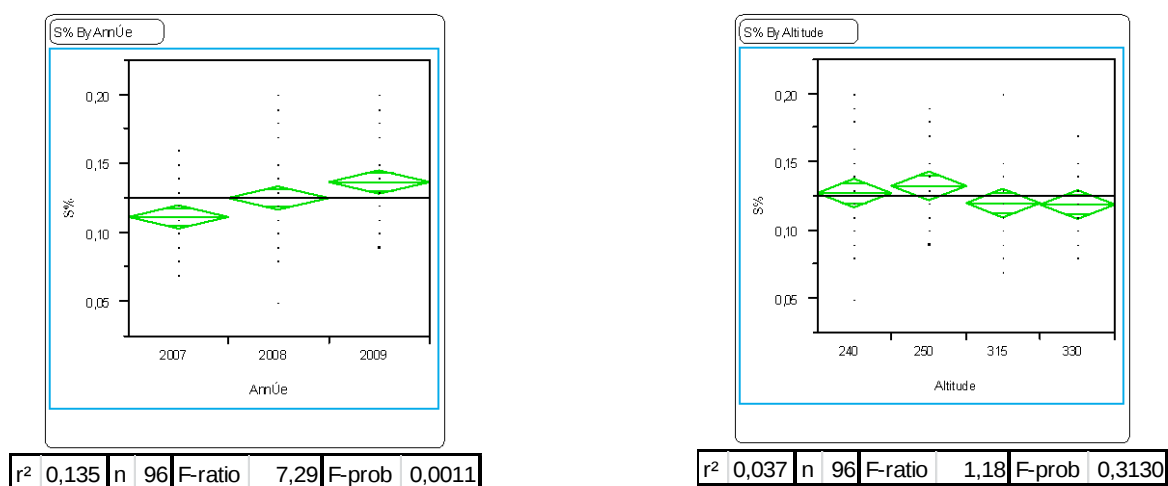


Figure 82 : ANOVA teneur en Soufre total (S-%) des feuilles de *Pandanus sp. (Pandanaceae)* - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

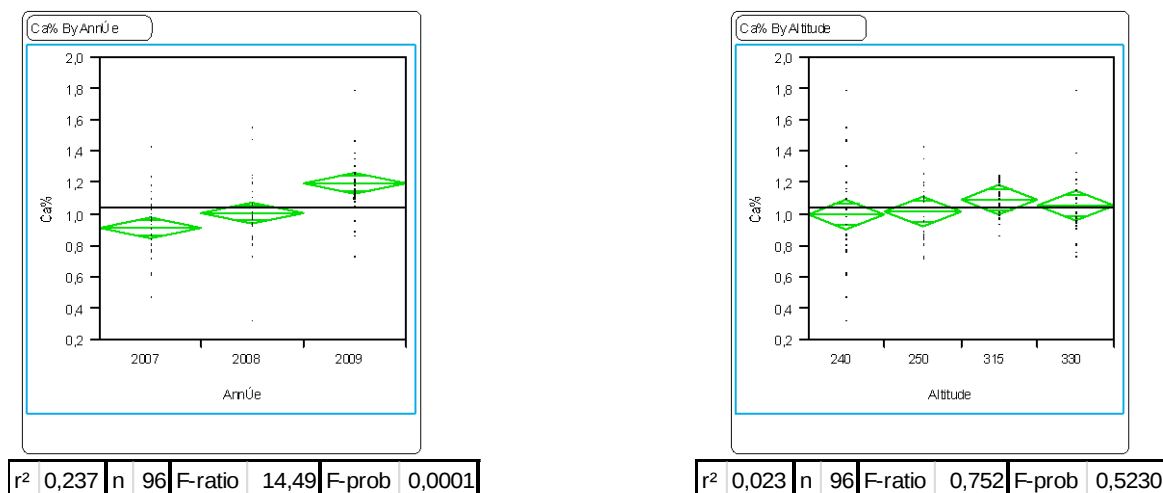


Figure 83 : ANOVA teneur en Calcium total (Ca-%) des feuilles de *Pandanus sp. (Pandanaceae)* - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

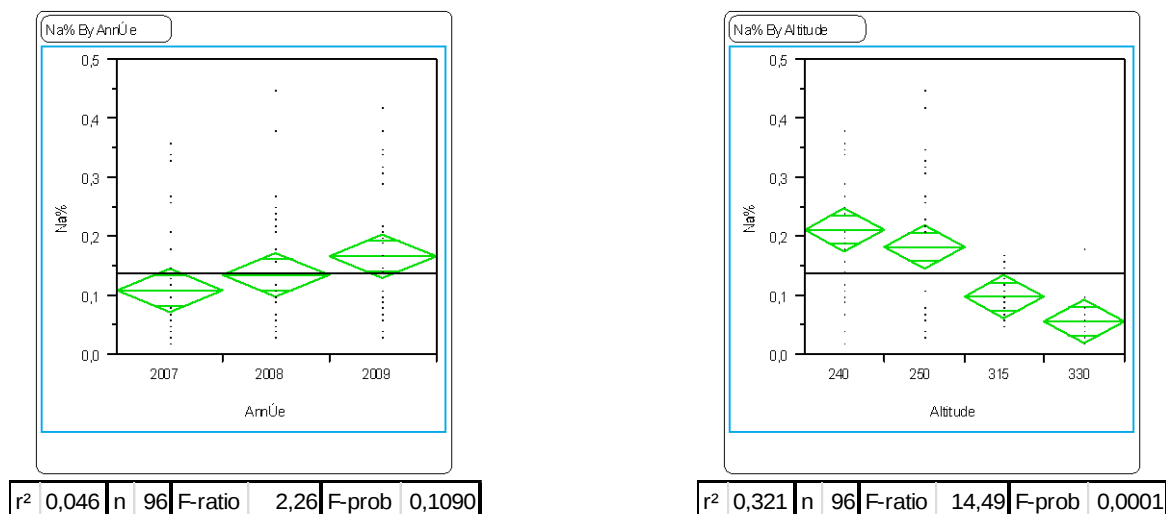


Figure 84 : ANOVA teneur en Magnésium total (Mg- %) des feuilles de *Pandanus sp. (Pandanaceae)* - Forêt-Nord selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

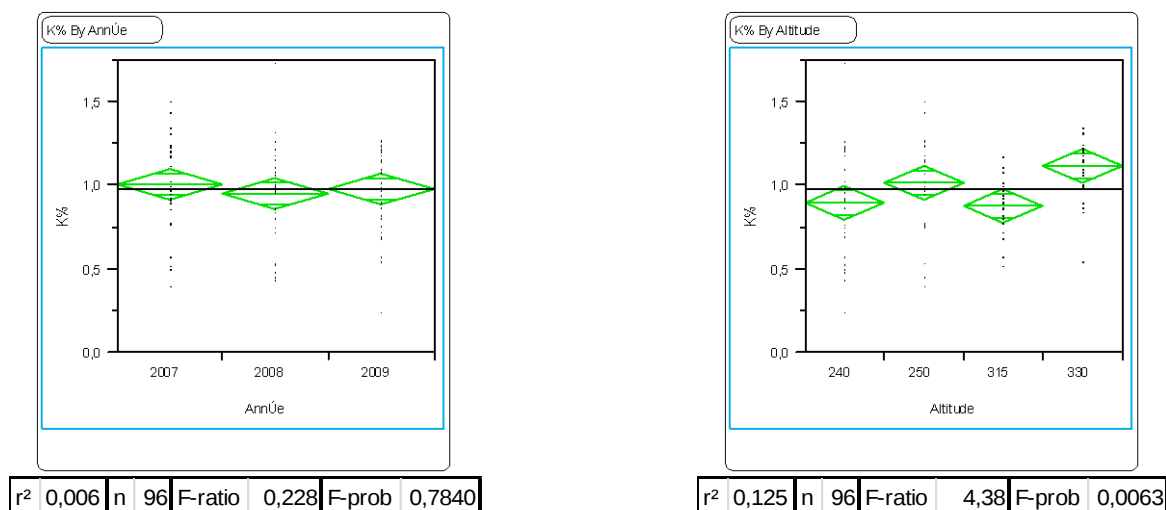


Figure 85 : ANOVA teneur en Potassium total (K- %) des feuilles de *Pandanus sp. (Pandanaceae)* - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

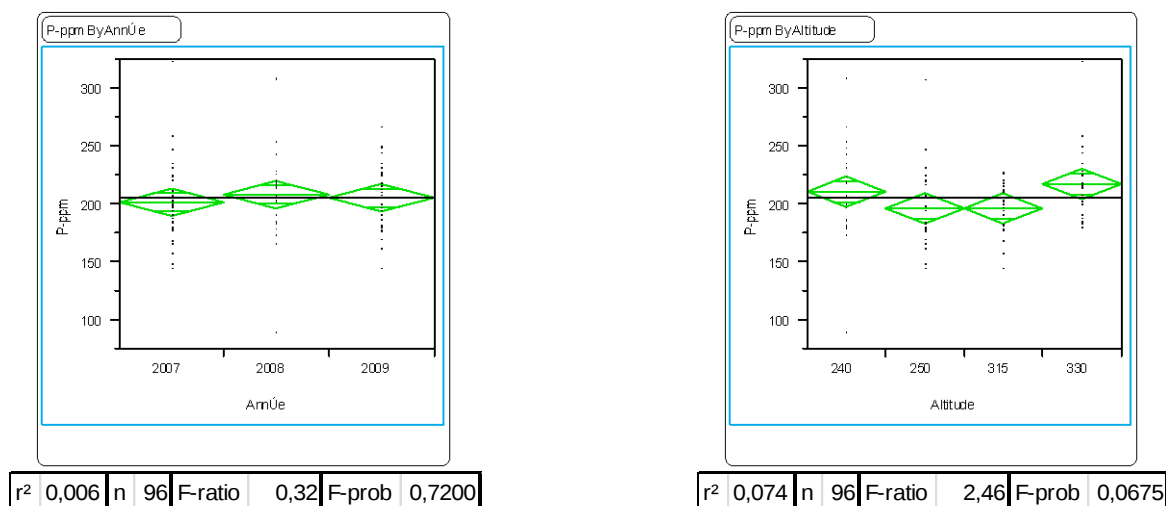


Figure 86 : ANOVA teneur en Phosphore total (P- ppm) des feuilles de *Pandanus sp. (Pandanaceae)* - Pic du Grand Kaori selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

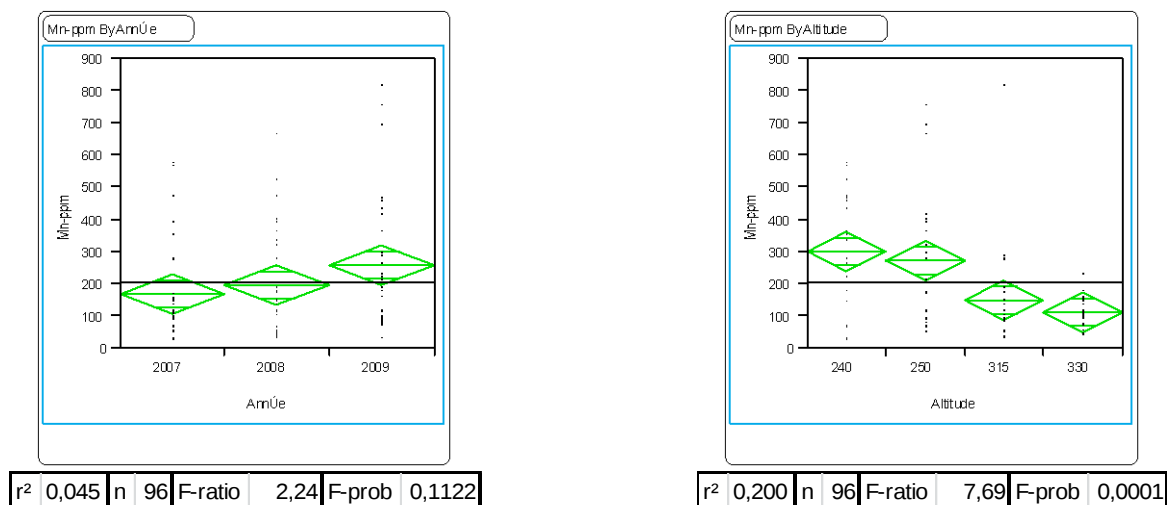


Figure 87 : ANOVA teneur en Manganèse total (Mn- ppm) des feuilles de *Pandanus sp.* (*Pandaceae*) - Pic du Grand Kaori
selon l'année (gauche) et l'altitude (droite)

L'analyse de variance effectuée sur la composition chimique des feuilles de *Pandanus sp.* (*Pandaceae*) prélevées sur les parcelles permanentes en 2007, 2008 et 2009 au Pic du Grand Kaori montre plusieurs tendances :

- Les teneurs en N, S, Ca, Na et Mn ont montré une augmentation significative de 2007 à 2009.
- Les teneurs en N et K montrent des différences significatives entre les parcelles selon l'altitude, les parcelles du bas contenant une plus faible teneur que les parcelles du haut.
- Les teneurs en Na et Mn montrent des différences significatives entre les parcelles selon l'altitude, les parcelles du bas contenant une plus forte teneur que les parcelles du haut.

4. ANALYSE DES RESULTATS

4.1 Description générale des formations forestières

Plus de 5000 identifications de plantes ont été effectuées sur les parcelles de la Forêt-Nord et du Pic du Grand Kaori. Ces plantes ont ensuite été étiquetées pour suivre leur état de santé (présence/absence, biomasse aérienne et activité photosynthétique). Toutes les espèces recensées sur les stations de la Forêt-Nord et du Pic du Grand Kaori avaient déjà été répertoriées par des études précédentes (Jaffré, 2001; Munzinger *et al*, 2008).

Forêt-Nord

Cette formation, dont la surface est estimée à 179 ha, est en partie incluse dans la réserve spéciale botanique de Forêt-Nord (280 hectares classés par l'arrêté 72-396 CG du 17/08/1972). Elle se développe sur trois versants du Mont Kwa Néie, sous la forme de patches forestiers sur des topographies allant de piedmont de colluvions profond à pente composée d'éboulis (entre 200 et 500m d'altitude). Elle a été exploitée de 1860 à 1920 par l'administration pénitentiaire, comme en témoignent de nombreuses pistes de débardage de grumes forestières menant à la voie ferrée du creek de la Baie Nord.

Les inventaires floristiques des parcelles de Forêt-Nord ont permis d'identifier 2978 individus. Les échantillons fertiles ont permis d'identifier 93 espèces de plantes grâce aux échantillons de référence de l'herbier de l'IRD. 46 espèces de plantes ont été identifiées jusqu'au niveau genre pour celles se trouvant au stade juvénile ou celles dont il manquait suffisamment de matière pour pouvoir confirmer leur identification.

Les essences caractéristiques de cette formation sont, par ordre d'importance, *Macaranga alchorneoides* (Euphorbiaceae), *Archidendropsis granulosa* (Mimosaceae), *Sparattosyce dioica* (Moraceae), *Codia jaffréi* (Cunoniaceae), *Planchonella endlicheri* (Sapotaceae), *Calophyllum caledonicum* (Clusiaceae), *Dysoxylum dzumacense* (Meliaceae), *Schefflera gabriellae* (Araliaceae), *Planchonella wakere* (Sapotaceae), *Garcinia neglecta* et *G. balansae* (Clusiaceae), *Myodocarpus fraxinifolius* (Araliaceae) et *Xylopia vieillardii* (Annonaceae).

Les inventaires floristiques montrent de manière générale que les parcelles FN1 et FN4 qui se trouvent à proximité de la route communale hors du périmètre de la réserve de la Forêt-Nord contiennent plus d'individus et d'espèces que les parcelles FN2 et FN3 en piedmont. Cette plus forte densité d'individus et la diversité des parcelles FN4 et FN1 peuvent être dues à la condition des sols, plus profonds et composés de matières colluviales. A l'inverse, les sols des parcelles FN2 et FN3 sont peu profonds et composés d'éboulis, ce qui limite l'installation des plantes et engendre une diminution en nombre et en diversité.

Pic du Grand Kaori

Cette formation de 58 hectares est intégrée dans la réserve spéciale botanique des Monts Oungoné (307 hectares classés par l'arrêté 72-396 CG du 17/08/1972). Elle se développe entre 260 et 560 m d'altitude sur diverses topographies allant des replats colluvionnaires aux fortes pentes du versant sud-est du Pic du Grand Kaori. Elle n'est pas homogène dans son ensemble et différents faciès y sont visuellement discernables (replats, bas de pentes et piedmonts, fortes pentes, creeks temporaires...). *Nothofagus aequilateralis* forme une population quasiment mono-spécifique sur la partie basse de la forêt. D'anciennes pistes de débardage de grumes forestières sillonnent le piedmont du versant Prony de cette formation qui fût sans doute principalement exploitée par le bagne à la même période que la Forêt-Nord.

Les inventaires floristiques des parcelles du Pic du Grand Kaori ont permis d'identifier 2513 individus. Les échantillons fertiles ont permis l'identification de 94 espèces de plantes grâce aux échantillons de référence de l'herbier de l'IRD. 53 espèces ont été identifiées jusqu'au niveau genre pour celles qui

étaient au stade juvénile ou celles pour lesquelles il n'avait pas été prélevé suffisamment de matière pour confirmer leur identification.

Les essences caractéristiques de cette formation sont, par ordre d'importance, *Codia jaffréi*, *Archidendropsis granulosa* (Mimosaceae), *Sparattosyce dioica* (Moraceae), *Myodocarpus fraxinifolius* (Araliaceae), *Nothofagus aequilateralis* (Nothofagaceae), *Planchonella endlicheri* (Sapotaceae), *Gastrolepis austrocaledonica* (Stemonuraceae), *Hibbertia lucens* (Dilleneaceae), *Flindersia fourrieri* (Flindersiaceae), *Garcinia balansae* (Clusiaceae), *Pleurocalyptus pancheri* (Myrtaceae), *Guettarda eximia* (Rubiaceae), et *Deplanchea speciosa* (Bignoniaceae).

Les inventaires floristiques ont démontré que les quatre parcelles du Pic du Grand Kaori, n'ont pas la même diversité selon l'altitude que celle qui est observée à Forêt-Nord, et elles possèdent le même nombre d'individus et la même diversité de plantes (une centaine d'espèces).

4.2 Diversité des forêts humides en Nouvelle-Calédonie

Plusieurs études ont été effectuées pour décrire la diversité floristique des forêts en Nouvelle-Calédonie (Jaffré & Veillon, 1990 ; Read *et al*, 1995 ; Jaffré & Veillon, 1995 ; Munzinger *et al*, 1999). Les valeurs des indices Shannon-Weiner pour ces forêts sont élevées, ce qui est généralement le cas pour les forêts denses humides, habitats à la végétation complexe et aux nombreuses espèces. En général, les valeurs de l'indice Shannon-Weiner pour les parcelles de la Forêt-Nord et du Pic du Grand Kaori sont semblables à celles d'études sur d'autres forêts, elles sont cependant légèrement inférieures à celles effectuées par l'étude Munzinger *et al* (2008). Cette différence est due en partie à une différence d'échelle, car la taille des parcelles a été déterminée pour faire de la surveillance et non pour décrire l'hétérogénéité globale des forêts, comme pour l'étude de Munzinger *et al*. Quand on détaille les différences entre les parcelles de la Forêt-Nord (tableau 4), la valeur basse de l'Indice de Shannon-Weiner de FN2 est due à la quasi mono-spécificité de *Macaranga alchorneoides* qui simplifie la diversité floristique de cette parcelle. De plus, la parcelle FN2 sur piedmont se trouve sur une zone d'éboulis, ce qui réduit le nombre de sites pour le développement des plantes non adaptées à ce milieu.

Localité	Substrat	Diamètre (cm)	Surface (ha)	N° Répliquât	Indice Shannon Weiner			Indice d'Equitabilité			Références
					Moyenne	Min	Max	Moyenne	Min	Max	
Col d'Amieu	Schiste	>2	0,1	6	5,7	4,88	5,88	0,87	0,85	0,88	Jaffré & Veillon, 1995
Col d'Amieu	Schiste	>5	0,25	4	5,69	5,56	5,88	0,86	0,86	0,87	
Col d'Amieu	Schiste	>10	0,25	12	4,96	4,37	5,33	0,84	0,76	0,88	
Rivière Bleue	Pente/latérite	>2	0,1	5	6,03	5,87	6,46	0,88	0,83	0,9	
Rivière Bleue	Pente/latérite	>5	0,25	5	5,76	5,61	5,81	0,84	0,83	0,84	
Rivière Bleue	Pente/latérite	>10	0,25	5	5,14	4,81	5,46	0,85	0,81	0,89	
Forêt des Bois du Sud	Latérite	>10	Totalité	NA	3,87			0,82			Munzinger <i>et al</i> , 2008
Forêt des Éoliennes	Latérite	>10	Totalité	NA	3,94			0,86			
Forêt Cachée	Latérite	>10	Totalité	NA	4,06			0,91			
Forêt du Bon Secours	Latérite	>10	Totalité	NA	4,45			0,87			
Forêt Desmazures	Latérite	>10	Totalité	NA	4,47			0,83			
Forêt Nord	Latérite	>10	Totalité	NA	4,84			0,85			
Forêt du Mois de Mai	Latérite	>10	Totalité	NA	3,98			0,9			
Forêt S2 "Kue Ouest"	Latérite	>10	Totalité	NA	4,05			0,92			
Forêt du Pic du Grand Kaori	Latérite	>10	Totalité	NA	4,22			0,89			
Forêt des Électriques	Latérite	>10	Totalité	NA	3,63			0,89			
Forêt Anaïs 1	Serpentinite?	>10	Totalité	NA	2,77			0,78			
Forêt Anaïs 2	Serpentinite?	>10	Totalité	NA	3,03			0,82			
Forêt du Pic du Pin	Latérite	>10	Totalité	NA	3,53			0,76			
PP Forêt Nord	Latérite	>0,1	0,04	4	3,44	2,77	3,81	0,58	0,48	0,69	Rapport actuel
PP Pic du Grand Kaori	Latérite	>0,1	0,04	4	3,99	3,67	4,2	0,68	0,6	0,73	

Tableau 17 : Indices de Shannon Weiner & d'Equitabilité des forêts humides de Nouvelle-Calédonie

4.3 Biomasse aérienne des stations

Plusieurs études ont été faites sur la structure des forêts humides sur latérite (JaffréJaffré et Veillon, 1990 ; JaffréJaffré et Veillon, 1995 ; Read *et al*, 1995 ; McCoy *et al*, 1999 ; Munzinger *et al*, 2008 ; Rigg *et al*, 2010). Elles se distinguent des forêts sur d'autres substrats par leur canopée qui ne dépasse pas 20-25m de hauteur, et par le nombre élevé d'individus pour les classes de diamètre <10cm de dbh (JaffréJaffré & Veillon, 1995). Les mesures structurales des parcelles de Forêt-Nord et du Pic du Grand Kaori montrent que la densité à l'hectare de la strate arbres > 10 cm de dbh est semblable aux forêts humides sur alluvions de la Rivière Bleue (JaffréJaffré & Veillon, 1995).

Stations forestières	Nombre Total Parcelles	Volume Total Parcelles (m3)	Nombre total extrapolé (1ha)	Volume Total (m3) extrapolé (1ha)
Forêt Nord				
Arbres > 10 cm d.b.h	155	38	969	237,50
Arbres >1 cm<10cm d.b.h.	847	25	35 292	1041,67
Arbustes < 1m hauteur	1295	8	101 172	625,00
Arbustes < 20cm hauteur	681	-	212 813	
Total	2978		350 245	1904,17
Pic du Grand Kaori				
Arbres > 10 cm	186	48	1 163	300,00
Arbres >1 cm<10cm	842	27	35 083	1125,00
Arbustes < 1m hauteur	845	6	66 016	468,75
Arbustes < 20cm hauteur	640		200 000	
Total	2513		302 261	1893,75
Forêt sur pentes (Rivière Bleue)				
Arbres > 10 cm d.b.h.			1 533	
Forêt Alluviale (Rivière Bleue)				
Arbres > 10 cm d.b.h.			1 183	
Forêt sur schiste (Col 'd'Amieu)				
Arbres > 10 cm d.b.h.			1 256	

NB : extrapolations données à titre comparatif avec d'autres études structurales de forêts humides (JaffréJaffré & Veillon, 1995)

Tableau 18 : Estimation du nombre d'individus selon les strates et la biomasse aérienne - Forêt-Nord et Pic du Grand Kaori

La densité des arbres > 10cm de dbh des forêt humides à Forêt-Nord et au Pic du Grand Kaori est inférieure à celle des pentes de la Rivière Bleue car ces formations ont fait l'objet d'exploitation forestière dans le passé (comme sur alluvions à la Rivière Bleue) avant d'être intégrées dans des réserves. Cette exploitation forestière a dû être cantonnée aux plaines et au piedmont < 300 m d'altitude au Pic du Grand Kaori, comme en témoigne la présence d'arbres >50cm dbh sur les parcelles PGK 3 et PGK 4. La présence de grands individus >100 cm de dbh sur FN2 à Forêt-Nord indique les zones d'éboulis qui présentent un obstacle à l'exploitation forestière à une altitude >240 m.

Les mesures estimatives de biomasse aérienne (volume, m³) des différentes strates des parcelles indiquent que 84-87% du volume de biomasse de Forêt-Nord et du Pic du Grand Kaori se trouvent dans les strates < 10 cm de dbh. Ces données concordent avec celles des études des forêts de la Rivière Bleue et du Col d'Amieu (Jaffré & Veillon, 1995) et renforcent la contribution prépondérante de ces strates comme indicatrices du bon état de régénération des formations.

4.4 Mortalité des plantules

Les mesures de structure établies sur les parcelles des stations ont été effectuées avec pour objectif de décrire leurs composantes et leur état de régénération. Un suivi de cette croissance a été considéré comme non-informatif de l'état de régénération en raison du dynamisme très lent des formations forestières sur latérite (Rigg *et al*, 2010) ; il fournit une bonne information sur la croissance des plantules d'*Araucaria montana* ainsi que sur celle d'autres espèces de sous-bois des forêts du

Mont-Do (0,22cm par an). Les mesures effectuées sur les arbres des parcelles établies par Jaffré & Veillon (1990) à la Rivière Bleue et Read *et al* (1995) sur diverses populations de *Nothofagus* dans le Sud montrent une augmentation de diamètre dbh de 2cm en moyenne depuis leur première mesure il y a 10 ans (Jaffré et Read, comm. pers.).

La strate des plantules a été choisie et présentée dans les résultats car elle est plus abondante en nombre d'individus susceptibles de nous donner des informations sur l'état de santé des stations. De plus elle est plus réactive aux changements environnementaux engendrés par des changements de condition dans la canopée d'arbres chablis et de changements environnementaux au sol (cycles de décomposition et d'humidité).

Les résultats du recensement du nombre de plantules sur les placettes de 1m² des stations confirment le dynamisme lent de ces habitats avec très peu de perte de plantules en général. Les pertes notables à FN1 sont observées sur des placettes contenant la plus grande densité de plantules. Donc la mortalité observée sur ces placettes pourrait être due à des conditions naturelles de compétition pour les ressources environnementales nécessaires à la croissance des plantes (nutriments, lumière, humidité) dans des colluvions drainant. Alternativement, la mortalité élevée des placettes sur les deux côtés de la route CR7 pourrait être due à la pollution et la poussière engendrées par le trafic routier.

4.5 État de santé des systèmes de photosynthèse

Les mesures ponctuelles de l'activité photosynthétique avec le PEA-mètre des plantes en Forêt-Nord et au Pic du Grand Kaori indiquent que les systèmes photosynthétiques des plantes de T0 et T1 opèrent de manière optimale (entre 0,78 et 0,82), ce qui indique des plantes en bonne santé. Cette tendance de bonne santé photosynthétique se reflète non seulement au 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 (Tableau 8) et au Pic du Grand Kaori (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 cependant quelques changements significatifs de l'activité photosynthétique à l'échelle de chaque parcelle. Le plus notable est la baisse de l'activité photosynthétique des placettes de plantules à Forêt Nord sur les parcelles FN1 et FN2 entre T0 et T1. La raison de cette baisse est liée au plus grand nombre de plantules mortes enregistré lors des mesures de fluorimétrie, qui a ainsi réduit la valeur moyenne de l'activité photosynthétique. La mortalité plus élevée des plantules sur FN1 et FN2 pourrait être due à un stress hydrique ou nutritif généré par les colluvions drainantes rocheuses du piedmont où se situent ces deux parcelles.

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

4.6.1 Evolution de la condition chimique des sols

Les sols latéritiques en Nouvelle-Calédonie sont issus d'une très ancienne pédogenèse composée de plusieurs phases de développement orogénique des montagnes, d'érosion et de dépôt dans les vallées (Latham *et al*, 1978 ; Becquer *et al*, 1995 ; Becquer *et al*, 1997 ; Bourdon et Podwojewski, 1988). Cette pédogenèse a engendré une topo-séquence de différents types de sols qui ont favorisé différents groupement végétaux selon la minéralogie (Jaffré, 1980).

La figure 89 illustre la topo-séquence des sols caractéristiques des reliefs en Forêt-Nord, au Pic du Grand Kaori et au Pic du Pin. D'une manière générale, les sols latéritiques (ferrallitique ferritique) de cette topo-séquence sont largement composés d'oxydes de fer, de chrome et d'alumine, qui ne sont généralement pas assimilables par les plantes car ces formes minéralogiques ne sont pas solubles (Jaffré, 1980). Le facteur limitant des sols latéritiques sur la croissance et le développement des

plantes est leur forte carence en azote, phosphore, potasse et calcium due à l'absence de ces composés dans la roche mère lors de leur dégradation en éléments minéraux (Jaffré, 1980). Les carences en nutriments couplées à la disponibilité des métaux solubles (Mg, Ni, Mn) sur la topo-séquence engendrent différentes conditions édaphiques bien distinctes propices aux groupements végétaux. Les sols ferrallitiques érodés des pentes et des crêtes contiennent en général les plus fortes concentrations de nickel et de magnésium en raison de la faible profondeur des sols et des affleurements de péridotite (Jaffré, 1980). L'absence de matière organique et le pH élevé réduisent les problèmes phyto-toxiques du nickel, cependant les concentrations très élevées de Mg engendrent un fort déséquilibre du taux de Mg/Ca (Jaffré, 1980 ; Becquer *et al*, 1995). Les sols ferrallitiques de colluvion des piedmonts contiennent en général des concentrations de nickel moins élevées que les sols érodés en raison de leur plus grande profondeur, cependant le nickel est plus assimilable par les plantes du fait que le pH des sols colluvionnaires est plus acide. De meilleures conditions hydriques dans ces sols facilitent la dissolution du nickel qui est assimilé si les ligands organiques entre la plante et sol existent dans l'humus (Becquer *et al*, 1995). Les sols ferrallitiques cuirassés sont des sols colluvionnaires très profonds contenant peu de nickel en surface, cependant le manganèse est très présent en raison du pH très acide du sol (Jaffré, 1980 ; McCoy, 1998).

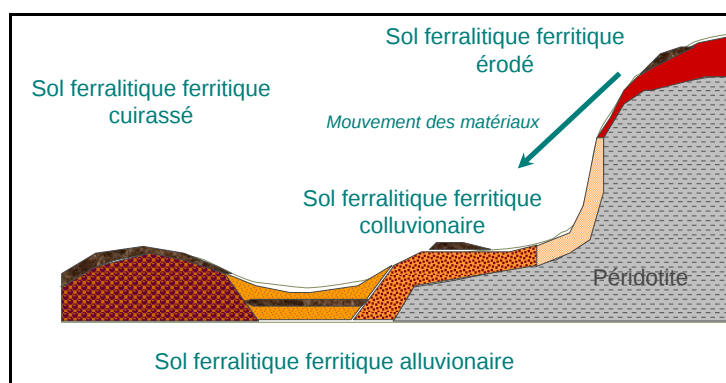


Figure 88 : Schéma d'une topo-séquence du Grand Massif du Sud montrant l'emplacement des différents types de sol

Les résultats des analyses chimiques des sols de 2007 à 2009, présentées au tableau 18, sont comparables aux résultats déjà obtenus pour d'autres forêts humides dans le Grand Massif du Sud (Read *et al*, 2006), cependant, les analyses de variance appliquées aux données des sols de Forêt-Nord et du Pic du Grand Kaori montrent des différences significatives entre les parcelles (spatiales) et entre les années (temporelles) pour certains éléments. Ceci pourrait expliquer les différences observées avec l'étude de Read *et al* (2006), notamment pour les teneurs moyennes en azote (N) qui sont en général plus faibles, et pour Phosphore (P) et Magnésium (Mg), qui sont plus élevées sur les stations.

Analyses sol	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	FN4	FN1	FN2	FN3	PGK 1	PGK2	PGK4	PGK3	PP1	PP2
pH	3.5 - 5.9	4.1 - 6.0	4.4 - 6.1										
N (mg g ⁻¹)	0.9 - 3.6	0.7 - 3.8	0.8 - 1.6	0,63	0,29	0,78	0,52	0,40	0,53	0,65	0,48	0,28	0,19
P (mg g ⁻¹)	0.07 - 0.24	0.10 - 0.18	0.06 - 0.32	0,32	0,35	0,49	0,10	0,13	0,13	0,14	0,14	0,09	0,09
K (mg g ⁻¹)	0.01 - 0.12	0.03 - 0.28	0.04 - 2.10	0,27	0,18	0,27	0,29	0,13	0,12	0,24	0,13	0,20	0,06
Ca (mg g ⁻¹)	0.07 - 1.20	0.40 - 1.15	0.05 - 1.5	0,25	0,15	0,45	1,48	0,13	0,22	0,44	0,24	0,06	0,03
Mg (mg g ⁻¹)	0.01 - 60	3.1 - 17	0.4 - 12.0	7,5	12,8	39,9	11,4	7,8	9,6	22,1	15,3	8,4	5,5
Ni (mg g ⁻¹)	0.5 - 6.7	2.3 - 8.5	1.3 - 10.4	6,0	5,1	5,4	5,7	4,8	5,8	6,4	7,6	5,3	6,1
Fe (mg g ⁻¹)	50 - 490	270 - 460	290 - 510	346	362	250	337	387	346	300	369	378	451
Cr (mg g ⁻¹)	2 - 134	25 - 184	14 - 110	27	27	22	19	17	22	20	20	16	15
eK (meq 100 g ⁻¹)	0.18 - 0.39	0.08 - 0.47	0.02 - 0.38	0,41	0,26	0,45	0,35	0,17	0,26	0,36	0,23	0,18	0,11
eCa (meq 100 g ⁻¹)	0.12 - 3.1	0.26 - 2.6	0.01 - 1.8	0,82	0,50	0,90	1,70	0,32	0,64	0,91	0,68	0,15	0,10
eMg (meq 100 g ⁻¹)	0.30 - 1.70	0.86 - 9.96	0.12 - 8.3	5,33	4,32	13,76	6,61	3,76	6,52	11,32	8,40	0,49	0,25

Tableau 19 : Caractéristiques chimiques des sols des formations du Grand massif du Sud (Read *et al*, 2006) et valeurs moyennes des stations (2007-2009)

L'analyse de variance des éléments issus des processus biotiques (atmosphérique et cycles organiques) a démontré que les teneurs en N, C, S, Ca et Na ont diminué dans les sols de Forêt-Nord et du Pic du Grand Kaori entre 2007 et 2009. Au Pic du Grand Kaori, la teneur en potasse et la capacité d'échange (CEC) ont également montré une baisse significative entre 2007 et 2009. Du point de vue des variations temporelles des éléments d'origine minérale, l'analyse de variance a démontré que la teneur en Fer du sol montre une augmentation légère de 2007 à 2009 au Pic du Grand Kaori.

D'un point de vue spatial, les teneurs en N, C, S, Na, K, P et CEC montrent les mêmes variations selon l'altitude qu'en Forêt-Nord. La même tendance est aussi observée pour ces éléments ainsi que pour le calcium au Pic du Grand Kaori. La teneur en S du Pic du Grand Kaori montre une diminution significative avec l'augmentation d'altitude des parcelles. En ce qui concerne les éléments d'origine minérale, les teneurs en Mg, Mn et Fe varient de manière significative entre les parcelles se trouvant à des altitudes différentes en Forêt-Nord et au Pic du Grand Kaori.

La raison des variations temporelles et spatiales des teneurs en N, C, S, Na, K, P peut être des flux de ces éléments dépendant des cycles de décomposition des végétaux, car ils sont absents dans la minéralogie des péridotites. A l'inverse des éléments liés à des cycles biotiques, la variation en Magnésium et Manganèse est due au positionnement des parcelles sur la topo-séquence édaphique de la Forêt-Nord et du Pic du Grand Kaori.

Les teneurs élevées en Magnésium (Mg) total et Magnésium échangeable (eMg) relevées sur les pentes de la Forêt-Nord (FN 2) ont déjà été documentées par Grignon (2006). Ces teneurs relèvent de la présence dans cette zone de veines de Serpentine dans les affleurements de péridotite altérée (Grignon, 2006). La teneur en Mg des sols érodés sur PGK3 et PGK 4 est moins élevée que sur FN2, ce qui suggère que la péridotite est moins altérée. La teneur en Mn des sols est semblable entre les parcelles de Forêt-Nord et du Pic du Grand Kaori, à l'exception de la parcelle FN1 qui a une teneur élevée, ce qui pourrait suggérer que les sols de piedmont se rapprochent plutôt des sols de cuirasse avec des apports de colluvions venant des amonts. En revanche, les apports en Mn sur la parcelle FN1 pourraient également être synonymes d'une accumulation de poussière provenant de la route sur cette zone de lisière.

4.6.2 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	FN4	FN1	FN2	FN3	PGK1	PGK2	PGK4	PGK3	PP1	PP2
	(n = 4)	(n = 3)	(n = 4)										
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	0,93	0,97	0,71	1,07	0,70	0,72	0,78	0,79	0,96	1,03
C:N	21.0 ± 0.7	16.8 ± 0.9	19.5 ± 1.1	48,7	40,0	46,8	49,7	48,3	48,6	47,6	47,2	48,5	49,3
P (mg g ⁻¹)	0.125 ± 0.040	0.123 ± 0.050	0.084 ± 0.033	0,158	0,211	0,237	0,088	0,085	0,070	0,082	0,088	0,111	0,091
K (mg g ⁻¹)	0.142 ± 0.044	0.147 ± 0.065	0.072 ± 0.023	0,111	0,087	0,116	0,056	0,056	0,054	0,066	0,067	0,063	0,057
Ca (mg g ⁻¹)	0.281 ± 0.098	0.700 ± 0.225	0.092 ± 0.015	1,452	1,657	1,455	1,706	0,98	1,20	1,48	1,35	1,19	1,21
Mg (mg g ⁻¹)	7.27 ± 2.60	11.47 ± 4.84	5.36 ± 1.48	0,25	0,30	0,40	0,24	0,22	0,23	0,28	0,27	0,24	0,25
Mn (mg g ⁻¹)	7.60 ± 2.09	7.32 ± 2.24	3.91 ± 0.961	1,12	1,45	0,23	0,39	1,23	0,99	2,09	0,67	1,38	1,68

Tableau 20 : Caractéristiques chimiques des litières des formations du Grand massif du Sud (Read *et al*, 2006) et valeurs moyennes des stations (2007-2009)

L'analyse de variance des échantillons de litière montre que la teneur en N augmente de manière significative de 2007 à 2009. Cette tendance est contraire à celle du Pic du Grand Kaori pendant la même période, ce qui indique une diminution significative en azote expliquant la grande variabilité des flux biologiques entre les formations. Les teneurs en S, Na et K de Forêt-Nord varient de façon significative entre 2007 et 2009, mais de manière aléatoire. Ces changements pourraient être

considérés comme des variations cycliques. Inversement, les teneurs en S, Ca et Na du Pic du Grand Kaori montrent une augmentation significative de 2007 à 2009, qui est cependant très légère, suggérant une origine dans les flux biologiques. 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, P et K montrent la même variation selon l'altitude, qui pourrait être due à des effets localisés de dominance d'une espèce dans la composition de la litière. Au Pic du Grand Kaori, les teneurs en N, S, Ca et P augmentent suivant l'altitude, encore que la différence d'altitude soit faible.

Les teneurs en Mn et Mg de la litière montrent les mêmes variations significatives selon l'altitude que les sols. Les valeurs en Mg à FN2 et PGK 3 sont proches de celles du sol, ce qui suggère que la litière a été contaminée par des apports de sol sur ces zones pentues. Des apports de sol pourraient aussi expliquer la teneur élevée de Mn dans la litière de FN4 et FN1, qui pourrait cependant également provenir de poussières ferrugineuses en provenance de la route CR7, à <50m des parcelles.

4.6.3 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). Leur absorption par les plantes de maquis est rendue difficile par la faible capacité d'échange des sols latéritiques souvent asséchés en surface et recouverts d'un humus ligneux épars. Un grand nombre d'espèces ont développé une adaptation sclérophylle afin de conserver leurs maigres ressources en éléments nutritifs en produisant des feuilles coriacées contenant peu de N, de P et de K. Des mécanismes physiologiques ou symbiotiques avec des bactéries sur les racines régulent aussi l'absorption des métaux pour réduire les phénomènes de toxicité (Becquer *et al*, 1995 ; Amir & Pinaud, 1999).

En milieu forestier, 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	1,53	588	0,62	0,80	0,23	0,07	678	0,15
<i>Cupaniopsis macrocarpa</i>	Forêt Nord	1,50	778	0,87	0,88	0,61	0,30	522	0,18
<i>Dysoxylum canaliensis</i>	Forêt Nord	1,19	385	0,82	2,17	0,30	0,25	71	0,32
<i>Elaeocarpus speciosus</i>	Forêt Nord	1,05	380	0,80	1,39	0,13	0,07	1809	0,12
<i>Ficus austrocaledonica</i>	Forêt Nord	1,38	659	0,97	1,88	0,65	0,36	70	0,16
<i>Garcinia neglecta</i>	Forêt Nord	0,97	360	0,52	1,93	0,32	0,14	785	0,16
<i>Gardenia aubreyi</i>	Forêt Nord	2,02	447	1,89	1,06	0,40	0,46	185	0,32
<i>Macaranga alchorneoides</i>	Forêt Nord	1,27	522	0,75	1,60	0,59	0,44	73	0,20
<i>Meryta coriacea</i>	Forêt Nord	0,90	347	0,83	1,51	0,36	0,80	212	0,17
<i>Pagiantha cerifera</i>	Forêt Nord	2,53	559	2,70	0,95	0,47	0,44	380	0,56
<i>Pandanus sp.</i>	Forêt Nord	0,83	318	1,16	1,09	0,19	0,31	170	0,14
<i>Sparattosyce dioica</i>	Forêt Nord	1,18	348	0,97	2,25	0,35	0,46	88	0,11
<i>Xylopiella veillardii</i>	Forêt Nord	1,39	563	0,79	1,19	0,41	0,33	52	0,17
<i>Cleidion sp. veillardii</i>	Pic du Grand Kaori	0,87	216	0,39	2,38	0,37	0,35	68	0,24
<i>Cordia jaffrei</i>	Pic du Grand Kaori	0,78	224	0,34	0,70	0,34	0,16	743	0,15
<i>Cryptocarya sp.</i>	Pic du Grand Kaori	1,12	326	0,48	0,54	0,08	0,05	1356	0,21
<i>Gardenia aubreyi</i>	Pic du Grand Kaori	1,04	247	0,89	1,03	0,34	0,44	40	0,14
<i>Guettarda eximia</i>	Pic du Grand Kaori	1,65	285	0,93	0,48	0,28	0,18	55	0,16
<i>Meryta coriacea</i>	Pic du Grand Kaori	0,79	192	0,53	1,81	0,40	0,68	128	0,19
<i>Pandanus sp.</i>	Pic du Grand Kaori	0,75	206	0,98	1,04	0,16	0,14	208	0,13
<i>Alstonia sp.</i>	Pic du Pin	0,70	222	0,68	0,94	0,23	0,21	361	0,14
<i>Calophyllum caledonicum</i>	Pic du Pin	1,38	289	0,60	0,30	0,27	0,29	156	0,13
<i>Cordia jaffrei</i>	Pic du Pin	0,72	220	0,46	0,83	0,31	0,82	301	0,15
<i>Guettarda eximia</i>	Pic du Pin	0,70	215	0,35	0,65	0,34	0,37	367	0,14
<i>Meryta coriacea</i>	Pic du Pin	0,79	241	0,52	0,81	0,22	0,33	354	0,11
<i>Myodocarpus fraxinifolius</i>	Pic du Pin	1,20	250	0,69	0,41	0,20	0,39	130	0,12
<i>Pandanus sp.</i>	Pic du Pin	1,48	339	0,82	1,60	0,44	0,66	196	0,20
Moyenne des espèces communes parcelles Forêt Nord		1,37	481	1,05	1,44	0,39	0,34	392	0,21
Moyenne des espèces communes parcelles permanentes Pic du Grand Kaori		1,00	242	0,65	1,14	0,28	0,29	371	0,17
Moyenne des espèces communes parcelles permanentes Pic du Pin		1,00	254	0,59	0,79	0,29	0,44	266	0,14
Moyenne des espèces communes des parcelles permanentes sur Forêt Nord, Pic du Grand Kaori et Pic du Pin		1,17	360	0,83	1,19	0,33	0,35	354	0,18
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 ferrallitique 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 21 : Comparaison de la teneur foliaire (T0) des espèces communes d'arbres avec les valeurs moyennes des espèces forestières et paraforestières décrites par Jaffré et al (1994)

Le tableau 20 présente une synthèse de la teneur foliaire moyenne (2007-2009) 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 de 2007 à 2009 ; elle peut indiquer que cette espèce accumule le manganèse. A l'inverse, la teneur en manganèse enregistrée sur les feuilles d'*Elaeocarpus speciosus* sur FN4 pourrait également provenir de dépôts de poussière ferrugineuse en provenance du trafic routier de la CR7 lors de la phase de construction de l'usine. Cette hypothèse est plausible puisque des études effectuées sur la population d'*Araucaria nemorosa* à « Forêt McCoy » (Kettle et al, 2007) et sur la végétation de la Forêt-Nord (Munzinger et al, 2007) mentionnent que le sous-bois été recouvert de poussière sur une distance de 50m à partir de la lisière de la route. 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 et 2009 (figure 90) 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 en S ont été enregistrées en 2007 avant la mise en marche des installations industrielles.

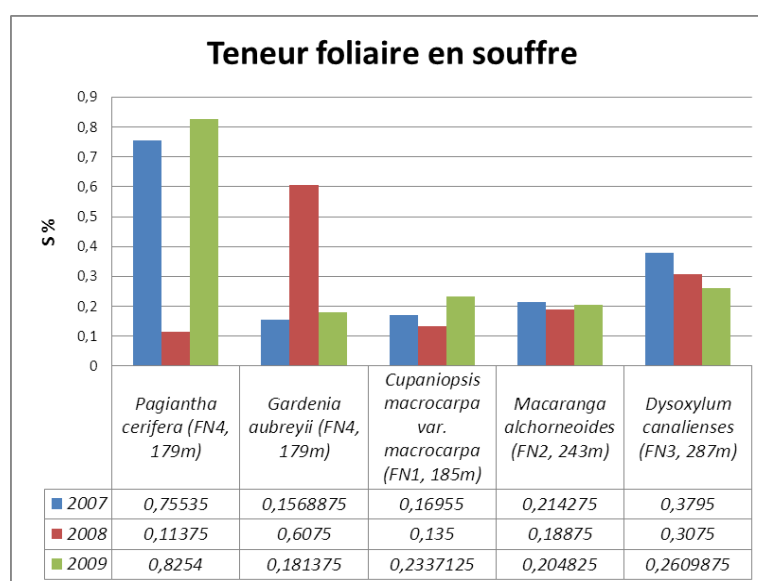


Figure 89 : Teneur moyenne en soufre (S%) des arbres des espèces communes (avec des valeurs >0,2%) en Forêt-Nord (2007-2009)

L'analyse de variance des résultats des analyses chimiques des espèces se trouvant communément sur les parcelles de Forêt-Nord et du Pic du Grand Kaori a permis de montrer que certains éléments varient en concentration selon l'altitude. Les variations altitudinales marquées dans les teneurs foliaires en N, P et K de *Meryta coriacea* et *Pandanus* sp. en Forêt-Nord et au Pic du Grand Kaori pourraient correspondre à des différences de dynamisme de la végétation selon les parcelles. Les valeurs N, P et K obtenues pour les échantillons de *Meryta* et *Pandanus* sur les parcelles FN1 et FN4 à Forêt-Nord sont élevées par rapport aux autres parcelles car la densité de la végétation de ces parcelles est importante et génère des cycles de N, P et K plus dynamiques que sur les éboulis des pentes de FN2 et FN3. Ces teneurs élevées sont également enregistrées dans les feuilles de *Pandanus* et de *Meryta* sur les parcelles contenant la plus forte densité de végétation au Pic du Grand Kaori.

A l'inverse des variations altitudinales de la teneur en azote, la teneur en soufre des feuilles de *Meryta* augmente selon l'accroissement de l'altitude, mais n'a pas varié de manière significative de 2007 à 2009 sur les deux zones forestières. Les teneurs en calcium et magnésium montrent une variation significative selon l'altitude quasiment identique entre la Forêt-Nord et le Pic du Grand Kaori.

L'analyse de variance de la teneur foliaire du *Pandanus* indique que cette espèce montre la même variation significative selon l'altitude pour les teneurs en N et S que *Meryta* en Forêt-Nord. La teneur en N des feuilles de *Pandanus* a augmenté de manière significative de 2007 à 2009, non seulement

en Forêt-Nord mais également au Pic du Grand Kaori. La teneur en N des feuilles de *Pandanus* montre aussi des variations significatives selon l'altitude, mais dans le sens inverse, avec les individus de la parcelle PGK3 contenant la plus forte teneur en N. Cette observation est concordante avec les mesures de densité et de biomasse (tableau 5 & 7) qui indiquent que la végétation de PGK3 est très dense par rapport à celle des autres parcelles, et est donc maintenue par un cycle de décomposition nutritif plus dynamique. La teneur en soufre des feuilles de *Pandanus* montre une augmentation significative de 2007 à 2009. Il n'y a cependant pas de corrélation avec l'altitude de la parcelle.

5. CONCLUSION

5.1 Etat de santé des parcelles

La présente étude s'inscrit dans le plan de suivi environnemental de Vale Nouvelle-Calédonie et en particulier la surveillance des écosystèmes terrestres vis-à-vis des émissions atmosphériques d'origine industrielle. Cette démarche est prévue dans la convention dite « Convention pour la Conservation de la biodiversité » établie avec la Province Sud.

Le suivi des écosystèmes terrestres a permis d'approfondir nos connaissances sur la diversité floristique à l'échelle des parcelles des réserves provinciales de la Forêt-Nord, du Pic du Grand Kaori et du Pic du Pin. Ce suivi temporel qui a débuté en 2006 correspond à la fin de la période de construction et le début de la mise en service des installations industrielles.

Le retour d'expérience a également permis d'évaluer l'applicabilité des protocoles et techniques choisis pour surveiller l'état de santé des formations forestières vis-à-vis des impacts industriels potentiels et de trouver une approche méthodologique robuste et adaptée aux réalités locales.

La mesure de l'activité chlorophyllienne est couramment utilisée comme paramètre de surveillance de l'état de santé physiologique des communautés végétales face à un stress d'origine naturel ou anthropique (Mulgrew & Williams, 2000). Ces mesures sont généralement couplées à des comptages d'individus à des périodes précises pour évaluer la régénération des formations. De plus, les analyses chimiques des sols, de la litière et des plantes sont indispensables pour décrire les conditions chimiques des habitats (Mankovska, 1997) et détecter les déséquilibres liés à la qualité de l'air.

D'une manière générale, les mesures effectuées sur les parcelles de Forêt-Nord, du Pic du Grand Kaori et du Pic du Pin montrent des formations très diversifiées, avec une régénération importante se traduisant par un nombre important d'individus <10cm de dbh. La mesure de l'activité photosynthétique dans la présente étude montre des végétaux en bonne santé sur les parcelles de Forêt-Nord et du Pic du Grand Kaori durant la période d'investigation, à l'exception d'une baisse de plantules enregistrée en 2007 sur FN1 et FN2 liée à une plus forte mortalité de plantules enregistrée sur ces sols à éboulis drainant.

Le comptage des plantules ne montre pas de mortalité importante sur les parcelles éloignées de la route publique. La parcelle FN1 à proximité de la route montre un taux plus important de mortalité, lié à la fois à la compétition importante de la végétation dense de ces zones lisières sur des colluvions drainants et à l'impact négatif des dépôts de poussière ferrugineuse apportée par le trafic routier lors de la construction de l'usine. Cette observation a déjà été faite par Munzinger *et al* (2007) et Kettle *et al* (2007), mais jamais quantifiée. L'augmentation significative de la teneur en Mn dans la litière et les plantes communes (*Meryta coriacea*, *Pandanus sp.*) sur ces parcelles par rapport aux parcelles se trouvant en amont corrobore cette observation. Des mesures de réduction de poussières par arrosage des routes et la limitation de vitesse ont été mises en place, notamment pendant la phase de construction. En 2010, la route longeant la Forêt-Nord a été revêtue de bitume engendrant ainsi une diminution des apports de poussière latéritique sur la végétation.

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 entre 2007 et 2009. Les variations en N, P, K, S, Ca, Na sont liées à des flux dans les cycles de décomposition et d'accumulation de ces éléments ; elles ne sont pas liées à des apports industriels car elles ne montrent pas d'augmentation temporelle en continu d'un même ordre de grandeur dans les sols et les parties végétales. Ainsi, les sols de la Forêt-Nord montrent une diminution des teneurs en N, C, S, Ca et Na entre 2007 et 2009. Pendant la même période la teneur en N a augmenté dans la litière, dans les feuilles de *Meryta* et celles de *Pandanus*. Les autres éléments (P, K, S, Ca, Na) montrent des variations temporelles aléatoires liées à des cycles biologiques de décomposition dépendant des variations abiotiques. Au Pic du Grand Kaori, qui est

plus éloigné du site industriel que la Forêt-Nord, les teneurs en N, C, S, Ca, Na, montrent également une diminution entre 2007 et 2009. Dans le même temps la teneur en N augmente dans la litière et les feuilles de *Pandanus*, tandis que les autres éléments montrent des variations aléatoires, voire aucune variation temporelle pour certains éléments (K, S, Na dans le cas de *Meryta*). La similarité des variations temporelles entre les deux forêts suggère que les cycles de décomposition varient de manière semblable malgré la différence de composition floristique.

En conclusion, les résultats de l'étude sur l'état de santé des réserves forestières de Forêt-Nord, du Pic du Grand Kaori et du Pic du Pin ne montrent aucun signe d'impact anthropique. Les émissions atmosphériques générées par la construction et la mise en service des différentes unités du site industriel n'ont eu aucun effet délétère sur les formations forestières se trouvant à proximité, ni sur le plan chimique ni sur le plan de la régénération. L'impact de la poussière sur les lisières de la Forêt-Nord a été significativement atténué suite au revêtement de la route en 2010.

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. Il n'a pas été possible non plus de recueillir suffisamment d'informations pour comparer les trois forêts en raison des épisodes aléatoires de météorologie clémente nécessaire pour recueillir un important nombre de mesures et échantillons. En conséquence il n'a pas été possible d'étudier les variations saisonnières.

Les comptages et les mesurages d'individus sont couramment utilisés pour mesurer le dynamisme des populations. Cette méthodologie est utilisée en pays tempéré pour surveiller l'impact des émissions industrielles, car le dynamisme de croissance de la flore est influencé par des variations saisonnières plus marquées (Mulgrew & Williams, 2000). La présente étude et les études précédentes effectuées en Nouvelle-Calédonie (Jaffré & Veillon, 1990 ; Rigg *et al*, 2010) montrent qu'à l'inverse de ce qui se passe en forêt de pays tempéré, les forêts humides sur latérite ont une croissance peu dynamique avec une faible mortalité de plantules. De plus, on constate très peu de différence d'activité photosynthétique d'année en année.

Compte tenu de ce faible dynamisme, il nous apparaît nécessaire de revoir notre protocole de suivi de manière à optimiser l'effort d'échantillonnage en effectuant des comparaisons entre parcelles et stations sur des pas de temps plus élevés :

- les mesures de **structure** des parcelles 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 21), 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 ;
- des **mesures de pH des sols** devront être effectuées en complément des analyses existantes.

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

6. RÉFÉRENCES

- Becquer, T., Bourdon, E. & Petard, J (1995) Disponibilité du nickel le long d'une toposequence de sols développés sur roches ultramafiques de Nouvelle-Calédonie. *C. R. Acad. Sci. Paris* 321: 585-592.
- Becquer, T., Bourdon, E., & L'Huiller, L. (1997) Mobilité du nickel dans les sols ferallitiques ferritiques du Sud de la Nouvelle-Calédonie. In: *The ecology of ultramafic and metalliferous areas*. (Eds: T. Jaffré, R. D. Reeves & T. Becquer) *Proc. 2nd Int. Conference on Serpentine Ecology*. pp 57-78. ORSTOM, Nouméa.
- Bourdon, E & Podwojewski, P (1988) Morphopédologie des formations superficielles dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie (Rivière des Pirogues, Plaines des Lacs). *Cahiers ORSTOM, série Science de la Terre, Pédologie Numéro 2*, Paris, 43 pages.
- CARPENTER, R. J., J. READ, AND T. JAFFRÉ. 2003. Reproductive traits of tropical rainforest trees on ultramafic soils in New Caledonia. *Tropical Journal of Ecology* 18: 351-365.
- CHATAIN, A., J. READ, AND T. JAFFRÉ. 2008. Does leaf-level nutrient-use efficiency explain *Nothofagus*-dominance of some tropical rain forests in New Caledonia? *Plant Ecology*: DOI 10.1007/s11258-11008-19477-z.
- GRIGNON, C. 2006. Accumulation et synthèse de données floristiques relatives à la réserve de la "Forêt-Nord" de Nouvelle-Calédonie. Université P. & M. Curie / Institut de Recherche pour le Développement, Nouméa.
- 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 ultrabasiques en Nouvelle-Calédonie. *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.

Latham, M., Quantin, P., & Aubert, G. (1978) *Etude des sols de la Nouvelle-Calédonie. Notice explicative*, 78, ORSTOM, Noumea.

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.

MUNZINGER, J., G. DAGOSTINI, F. RIGAUULT, AND D. KURPISZ. 2007. *Inventaire de la réserve de la Forêt-Nord. Expertise pour Goro-Nickel SA, IRD, Nouméa*.

MUNZINGER, J., D. KURPISZ, F. RIGAUULT, AND G. DAGOSTINI. 2006. *Caractérisation taxonomique et patrimoniale des lambeaux forestiers dans le grand sud calédonien, implication pour la gestion et la préservation de ces formations, Rapport Finale. IRD-DRN Province Sud, Nouméa. Pages 74*.

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.

Nasi R, Jaffré T, Sarrailh JM (2002) *Les forêts de montagnes de Nouvelle-Calédonie*. *Bois For Trop* 274:5–17.

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.

Papineau, C (1989) *Le Chêne Gomme (Arillastrum gummiferum) en Nouvelle-Calédonie. Mémoire de Troisième Année, CTFT, Noumea*.

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.

Rigg, L.S, Enright, N.J., Jaffré, T., Perry, G.L.W, (2010) *Contrasting Population Dynamics of the Endemic New Caledonian Conifer Araucaria laubenfelsii in Maquis and Rain Forest*. *BIOTROPICA* 42(4): 479–487 2010.