
Diversité spécifique et identification des Poaceae de la NAP du massif d'Itremo

Au terme de cette étude, de nombreuses informations sur la taxonomie et l'écologie des Poaceae de la NAP du massif d'Itremo ont pu être obtenues. Cependant quelques points doivent être discutés concernant les résultats obtenus. La discussion permettra en effet de faire ressortir les points forts et la limite des études effectuées afin d'améliorer les futures études sur les Poaceae et les formations herbeuses de Madagascar.

L'inventaire effectué par le MBG en 2008 a recensé 27 espèces de Poaceae (Birkinshaw *et al.*, 2008). Durant notre étude, ce nombre a été multiplié par plus de trois fois (100 espèces). D'une part le faible nombre relevé par le MBG est dû au fait que les Poaceae ne représentaient peut-être pas, comme c'est le cas des autres taxons, une priorité pour l'étude préalable de la NAP. D'autre part, la difficulté de l'identification qui nécessite une observation minutieuse et l'absence des spécialistes a pu également influencer sur les récoltes. Actuellement, une liste de référence pour les Poaceae d'Itremo est disponible non-seulement pour les gestionnaires de la NAP mais pour les futurs inventaires.

L'augmentation du nombre des espèces identifiées à Itremo est le résultat de l'observation détaillée faite dans cette étude de l'épillet qui détient presque la totalité des caractères d'identification des Poaceae. Tous les caractères d'identification ont été vérifiés et illustrés à l'aide des dessins. De plus, les travaux sur les échantillons d'herbiers de RBG Kew (K), qui représentent la plus grande collection de Poaceae africaines, nous ont beaucoup aidés durant les identifications. Il faut enfin que vingt espèces (bambou inclus) figurant dans la présente liste n'aient pas été décrites dans l'ouvrage de Bosser.

La clé de détermination des sous-familles et des genres établis durant la présente étude est la première de son genre pour les Poaceae de la NAP du massif d'Itremo. Grâce à cette clé, d'autres botanistes auront la possibilité d'identifier les Poaceae venant d'Itremo.

Préférences écologiques des Poaceae de la NAP du massif d'Itremo

Soixante-quinze pourcent des Poaceae de la NAP du massif d'Itremo sont des plantes à photosynthèse en C4. Les résultats de l'ACP ont montré que les espèces rupicoles et résistantes au feu qui sont rencontrées dans les savanes, les forêts de Tapia et les rochers sont

influencées par le feu et l'altitude ; les espèces rudérales et adventices de cultures qui sont rencontrés sur les bords de route et des champs de cultures sont influencées par d'importantes perturbation mécaniques et une forte exposition au soleil. Or, tous les milieux cités précédemment sont les milieux les plus riches en Poaceae dans la NAP du massif d'Itremo, ce qui nous permet dire que les Poaceae préfèrent mieux le feu, l'altitude plus ou moins élevé, la forte perturbation, la forte exposition au soleil. Ces préférences écologiques des Poaceae de la NAP du massif d'Itremo correspondent à celles des plantes effectuant une photosynthèse en C4 (Sage et *al.*, 1999 ; Sage, 2004). On explique donc ainsi, le pourcentage élevé de Poaceae à photosynthèse en C4 de la NAP du massif d'Itremo. Ces plantes présentent des structures adaptatives au niveau des feuilles là où la photosynthèse a lieu. Les structures adaptatives leur permettent de résister aux différents stress. Citons par exemple :

- le faible degré d'ouverture des stomates (lieu de passage de l'eau et du CO₂ atmosphérique). Ceci permet de réduire la perte d'eau durant la transpiration lors de la sécheresse.
- la meilleure accumulation de l'énergie lumineuse. La photosynthèse en C4 consomme plus d'énergie que la photosynthèse en C3. Le fait que les Poaceae d'Itremo soit exposé au soleil qui leur permet d'accumuler plus d'énergie lumineuse, et de synthétiser l'ATP (énergie chimique) et le NADPH (potentiel réducteur) qui sont des éléments nécessaires pour la production des matières organiques.
- la richesse en PEPases des chloroplastes de la mesophylle. Les PEPases sont des enzymes ayant une affinité élevée vis-à-vis du CO₂. Cette forte affinité au CO₂ par les PEPases entraine l'augmentation du taux de CO₂ dans la gaine périvasculaire des feuilles et rendent la photosynthèse optimale

Origines des formations herbeuses de la NAP du massif d'Itremo

Selon Koechlin et *al.* (1974), les formations herbeuses de Madagascar sont souvent considérées comme des formations secondaires résultantes de la dégradation de forêts climaciques causées par les activités anthropiques. Cependant les études de Bond et *al.* (2008) et Willis et *al.* (2008) ont affirmé que les formations herbeuses de Madagascar peuvent être

Selon Koechlin et al. (1974), les formations herbeuses de Madagascar sont souvent considérées comme des formations secondaires résultantes de la dégradation de forêts climaciques causées par les activités anthropiques. Cependant les études de Bond et al. (2008) et Willis et al. (2008) ont affirmé que les formations herbeuses de Madagascar peuvent être. Ainsi, nos résultats ont montré une diversité (33espèces) et endémicité élevés (13 espèces) des Poaceae dans les formations herbeuses de la NAP du massif d'Itremo. Ces résultats contestent donc, son origine anthropique. Ce dernier est caractérisé et dominé par des espèces non-indigènes, rudérales et adventices. Mais des études plus approfondies et expérimentales doivent être effectuées pour confirmer cette originalité citons par exemple, la coparaison avec les autres formations herbeuses du Moyen Ouest de Madagascar, la datation par le carbone 14 ou encore la palynostratigraphie.

V.1.4. Milieux riche en espèces, endémicité et leurs implications pour la conservation

En ce qui concerne, la diversité spécifique des Poaceae de la NAP du massif d'Itremo, les bords de route et les champs de cultures sont les plus riches en espèces mais qui sont majoritairement des espèces rudérales et des adventices de cultures qui ne présentent aucun intérêt sur la conservation. Cependant, c'est la première fois que l'existence d'une endémicité élevée pour les savanes, les forêts de Tapia et les milieux rocheux a pu être documentée grâce à nos travaux à Itremo. Cette endémicité est respectivement pour ces trois formations de 28%, 38% et 30% en ce qui concerne les Poaceae. Ce résultat montre que ces milieux méritent d'être conservés. Les forêts de Tapia et les milieux rocheux font déjà partie des sites cibles dans la conservation au sein de la NAP du massif d'Itremo. Et il faut à savoir que les reboisements ne soient pas appropriés sur les formations herbeuses d'origines naturelles.

V.2. PERSPECTIVES

V.2.1. Etude expérimentale des savanes de la NAP du massif d'Itremo

Bien que nous ayons obtenu la liste de toutes les espèces du massif d'Itremo ainsi que leur préférence écologique et leur origine, la carte de distribution n'a pas encore été établie ; Or cette carte est très utile pour une meilleure gestion de la NAP et bien sûr pour les futures recherches. L'établissement de cette carte sera donc une priorité dans les perspectives.

D'autre part, cette étude a pu montrer les conditions d'existence qui maintiennent les savanes dans la NAP du massif d'Itremo mais leur historique c'est-à-dire la succession écologique reste encore non-connue. Les futures études doivent se focaliser sur l'étude des successions écologiques qui ont déterminé la mise en place de ces formations ainsi que les facteurs qui les influencent. Ces études permettront ainsi de comprendre l'évolution des écosystèmes graminéens.

Cette étude constitue donc une plateforme taxonomique pour les futures études écologiques qui devraient être beaucoup plus expérimentales afin de comprendre les processus à l'origine de l'existence des formations graminéennes tels que les feux et l'herbivorie.

V.2.2. Taxa complexes et évolution des savanes de Madagascar

L'un des objectifs à long terme du projet du RBG Kew et du KMCC sur « Grass and grassland of Madagascar » est la production de la flore des Poaceae de Madagascar. Ceci consiste donc à effectuer l'inventaire de toutes les espèces de Poaceae existantes à Madagascar. Les études morphologiques doivent être supportées par la biologie moléculaire. Si les études de Bosser ont été focalisés sur les hauts plateaux, les Poaceae des autres parties de Madagascar méritent des études approfondies. La mise à jour des Poaceae des hauts plateaux doit également être faite. De plus, la famille des Poaceae présentent des taxons complexes, difficiles à identifier comme le genre *Eragrostis*, *Panicum*, *Hyparrhenia*. La maîtrise de ces taxons joue un rôle très important dans la production de la flore des Poaceae de Madagascar.

L'apparition des plantes C4 est en parallèle avec l'apparition des savanes datant de huit millions d'années passées. L'étude de l'évolution des plantes C4 qui fait partie également l'objectif du projet « grasses and grassland of Madagascar » permet d'étudier l'évolution des savanes en mêmes temps. Les Chloridoideae (*Eragrostis*) et les Andropogoneae sont les plus représentatives des Poaceae C4. En effet, l'étude du taxon complexe en C4 avec l'évolution des formations herbeuses de Madagascar correspond très bien au genre *Eragrostis*.

CONCLUSION

L'inventaire taxonomique des Poaceae d'Itremo enrichit la flore de la NAP du massif d'Itremo et de Madagascar. La famille des Poaceae tient la première place en termes de diversité floristique dans la NAP du massif d'Itremo. 100 espèces réparties dans 56 genres et 8 sous-familles regroupés dans les groupes PACMAD et BEP, y sont identifiées. Une seule espèce est endémique locale (*Eragrostis betsileensis*) pour les Poaceae qui se trouve à Soatsihotapaka. La NAP est dominée jusqu'à 50% par des plantes autochtones. La sous-famille des PANICOIDEAE est la plus représentée dans la NAP en nombre d'espèce totale et dans chaque type d'habitats. L'identification des Poaceae est possible lorsque la dissection des épillets est bien réussie et les clés de déterminations sont bien suivies.

Non-seulement dans la NAP que les Poaceae sont très diversifiées mais très cosmopolites également. On les rencontre dans des milieux très humides à des milieux très secs, du milieu ombré au milieu très exposé au soleil, du bas versant au haut versant, du champ de culture et bord de route très perturbés et piétinés jusqu'en forêt à faible perturbation. Les conditions des milieux influencent leur distribution et leur regroupement.

Les savanes d'Itremo est de type à *Loudetia simplex*, maintenues par des conditions climatiques, édaphiques et le feu. Les formations herbeuses ne figurent pas parmi les sites cibles et importants pour la conservation dans la NAP malgré sa superficie (70%) occupée et l'endémicité des Poaceae aussi bien pour Madagascar que pour les hauts plateaux de ce type de formation par la méconnaissance de ce site. Les formations herbeuses d'Itremo sont d'origine naturelle et riches en Poaceae autochtones et endémiques de Madagascar.

Les futures études sur les Poaceae à Madagascar sont focalisées sur l'établissement de la phylogénie des Poaceae de Madagascar et de comprendre l'évolution des plantes C4. Ces études sont basées essentiellement sur les données morphologiques, moléculaires et photosynthétiques. Plusieurs taxons complexes restent encore des blocages pour les identifications morphologiques et qui méritent d'être maîtrisés. Les données moléculaires qui ne sont pas encore complètes pour l'établissement de cette phylogénie. Les études sur les Poaceae de Madagascar ne font que commencer.

*Références
bibliographiques*

- BENZECRI, J. P.**, 1973. *L'analyse de données et l'analyse de correspondance*. Tome II. Dunod. Paris. 619 p.
- BIRKINSHAW, C., ANDRIAMIHAJARIVO, T., RAHARIMAMPIONONA, J., RAZAFINDRAKOTO, N, RATOLOJANAHARY, M., RANDRIANAINA, L., RANDRIANARIVELO, C., RASOLONDRAIBE, B., RAVOHANGY, A., RAZAFINDRASOA, R. ET ANDRIANIRINA, Z.** 2008. *Massif d'Itremo: presentation du site*. Missouri Botanical Garden. Antananarivo. 72 p.
- BOND, W. J. & PARR, C. L.** 2010. Beyond the forest edge: Ecology, diversity and conservation of the grassy biomes. *Biological conservation* 142: 2395-2404.
- BOND, W. J.; SILANDER, J.A.; RANAIVONASY, J. & RATSIRARSON, J.** 2008. The antiquity of Madagascar's grasslands and the rise of C4 grassy biomes. *Journal of Biogeography* vol 35: 1743-1758.
- BOSSER, J.** 1969. *Graminées des pâturages et des cultures à Madagascar*. Memoire ORSTOM. Paris. 440p.
- BRUMMITT, R.K.** 2001. *World Geographical Scheme for Recording Plant Distributions*. Edition 2. International Working Group on Taxonomic Databases (TDWG). 137p.
- BURNEY, D. A.** 1987. Late Holocene Vegetation Change in Central Madagascar. *Quaternary Research* 28: 130-145.
- BURNEY, D.A.** 1996. Climate change and fire ecology as factors in the Quaternary biogeography of Madagascar. In: LOURENCO W.R. (ed.), *Biogéographie de Madagascar*. Paris. (Eds). ORSTOM: 49-58.
- BURNEY, D.A.** 1997. *Theories and facts regarding Holocene environment change before and after human colonization*. In: Patterson, B.D. and Goodman, S.M. (eds.), *Natural Change and Human-induced change in Madagascar*. Washington: Smithsonian Institution
- CHAPMAN, G. P.** 1996. *The biology of Grasses*. CAB International. 273p.

-CHASE, M. W., FAY, M.F., REVEAL, J.L., SOLTIS, D. E., SOLSTIS, P.S. & STEVENS P.F. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105–121

-CHASE; M.W and Reveal J.L. 2009. A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 122-127

-CLARK, L.G. & POHL, R.W. 1996. *Agnes Chase's first book of grasses: the structure of grasses explained for beginners*. Fourth edition. Smithsonian Books, Washington DC, U.S.A. 127 p.

-CLAYTON, W.D. 1970. *Flora of Tropical East Africa. Poaceae (Part 1)*. Great Britain. 176 p.

-CLAYTON, W.D., PHILLIPS, S.M. & RENVOIZE, S.A. 1974. *Flora of Tropical East Africa. Poaceae (Part2)*. Royal Botanic Gardens, Kew. Great Britain. 449 p.

-CLAYTON, W.D. & RENVOIZE, S.A. 1986. *Genera Graminum, Grasses of the world*. Kew bulletin additional series XIII. Royal Botanic Gardens, Kew. 389 p.

-CRONQUIST, A.J. 1981. *An integrated System of Classification of flowering plants*. Columbia university press. 1262p

-DRANSFIELD, S. 2003. Poaceae, Bambuseae, Bamboos. *In The natural history of Madagascar*. S. M. Goodman & J. P. Benstead (eds). University of Chicago Press, Chicago pp 467-471.

-GAUSSEN, A. 1955. Détermination des climats par méthodes des courbes ombrothermiques. *Academie des Sciences et techniques*. 240: 642-643.

-GIBSON, J. D. 2009. *Grasses and grassland ecology*. Oxford university press. 305 p.

-GPWG. 2001. Phylogeny and subfamilial classification of the grasses (Poaceae). 2001. *Annals Missouri Botanical Garden* 88 (3): 373-457

-**GPWG**. 2011. New grass phylogeny resolves deep evolutionary relationships and discovers C4 origins (Grass Phylogeny Working Group II). *New phytologist* 193: 304-312.

-**HUMBERT, H.**, 1955. Les territoires phytogéographiques de Madagascar : leur cartographie. Colloque sur les Régions Ecologiques du Globe, Paris 1954. Annexe Biologie 31 : 195-204.

-**JUDD, W. S., CAMPBELL, C. S., KELLOGG, E. A. & STEVENS, P. F.** 1999. *Plant systematic: a phylogenetic approach*. Sinauer Associates, Inc. U. S. A. 464 p.

-**KELLOGG, E.** *The families and genera of vascular plants. Poaceae*. In: Kubitzki. Berlin. Springer Verlag, In press.

-**KEW MADAGASCAR CONSERVATION CENTRE**. 2012. *Plan d'aménagement et de gestion de la Nouvelle Aire Protégée du massif d'Itremo-Ambatofinandrahana Region Amoron'I Mania. Madagascar*. Antananarivo. 170 p.

-**KOECHLIN, J., GUILLAUMET J.L. ET MORAT, P.** 1974. *Flore et végétation de Madagascar*. A.R.G. Gantner Verlag FL 9490 Vaduz. 687 p.

-**KULL, C. A.** 2004. *Isle of fire. The political Ecology of Landscape Burning in Madagascar*. The University of Chicago Press. 324 p.

-**LEHMANN, C. E. R., ARCHIBALD, S. A., HOFFMANN, W. A. & BOND, W. J.** 2011. Deciphering the distribution of savanna biome. *New Phytologist* 191: 197-209

-**MARCHANT, A. D. & BRIGGS, B. G.** 2007. Ecdiocoleaceae and Joinvilleaceae, sisters of poaceae (Poales): evidence from *rbcL* et *matK* data. Royal Botanic Gardens and Domain Trust. *Tolopea* 11(4): 437-450

-**MICHELANGELI, F.A., JERROLD, I.D. & DENNIS, W.S.** 2003. Phylogenetic relationships among Poaceae and related families as inferred from morphology, inversions in the plastid genome, and sequence data from the mitochondrial and plastid genomes. *American Journal of Botany* 90 (1): 93-106.

-**MOAT, J. ET SMITH, P.** 2007. *Atlas de la végétation de Madagascar*. Royal Botanic Gardens, Kew. 124p.

-**MORAT, P.** 1973. *Les savanes du Sud-Ouest de Madagascar*. O.R.S.T.O.M. Paris. 235p.

-**OUDTSHOORN, F. V.** 1992. *Guide to grasses of Southern Africa*. Briza publication. South Africa. 287 p.

-**PARR, C. L., LEHMANN, C. E. R., BOND, W. J., HOFFMANN, W. A. & ANDERSON A. N.** 2014. Tropical grassy biomes: misunderstood, neglected, and under threat. *CellPress* 29 (4): 205-213.

-**PUY D. & MOAT J.** 1999. Vegetation mapping and biodiversity conservation in Madagascar Geographical Information Systems. In: Timberlake, J. & Kativu, S. (eds.), African Plants Biodiversity Taxonomy and Uses, Royal Botanic Gardens, Kew, 245 – 251.

-**SAGE, R. F.** 2004. The evolution of C4 photosynthesis. *New Phytologist* 161:341-370.

-**SAGE, R.F., WEDIN, D. A. & LI, M.** 1999. The biogeography of C4 photosynthesis: Patterns and Controlling Factors. In: Sage, R. F. and Mouson, R. K. (ed.), *C4 Plant Biology*. Academic Press.

-**SCHATZ, G., 2001.** *Flore générique des arbres de Madagascar*. The board of trustees, Royal Botanic Gardens, Kew. London. 503 p.

- **VORONTSOVA, M. S., JUDZIEWICZ, E. J., RENVOIZE, S. A. & RALIMANANA, H.** Version 2012. *Genera of grasses in Madagascar*. “In Prep.”

-**VORONTSOVA, M. S.** 2013. Revision of *Andropogon* and *Diectomis* (Poaceae) Sacchareae in Madagascar and the new *Andropogon itremoensis* from the Itremo Massif. *Kew bulletin* 68: 1-15.

-VORONTSOVA, M. S. & RAKOTOARISOA, S. E. 2014. Endemic non-bambusoid genera of grasses (Poaceae) in Madagascar: review of current knowledge. *Malagasy Nature* 8: 14-34.

-WILLIS, K.J., GILLSON, L. & VIRAH-SAWMY, M. 2008. Nature or nurture: the ambiguity of C4 grasslands in Madagascar. *Journal of Biogeography* 35: 1741-1742

WEBOGRAPHIE

-FAO. 2007. Perspectives de l'alimentation .Analyse des marchés mondiaux. Sucre <http://www.fao.org/docrep/010/ah876f/ah876f07.htm>

-FAO. 2015. Situation alimentaire mondiale, Bulletin de la FAO sur l'offre et la demande de céréales.

<http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/fr/>

-MCNEILL, J., BARRIE, F.R., BUCK, W. R. DEMOULIN, V., GREUTER, W., HAWKSWORTH, D. L., HERENDEEN, P.S., KNAPP, S., MARHOLD, K., PRADO, J., PRUD'HOMME VAN REINE, W.F. SMITH, G.F., WIERSEMA, J.H. & TURLAND, N. J. (eds.) 2012a. *International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Melbourne Code): Adopted by the Eighteenth International Botanical Congress Melbourne, Australia, July 2011*. Regnum Vegetabile 154, Königstein: Koeltz Scientific Books

<http://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php?page=art18#18.5>

-RASAMBAINARIVO, J.H AND RANAIVOARIVELO N. 2006. *Country Pasture/ Forage Resource Profiles*. F.A.O Madagascar. 23p
<http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Counprof/PDF%20files/Madagascar-English.pdf> (Aout 2006)

-SORENG R.J, DAVIDSE G., PETERSON P.M., ZUOAGA F.O., JUDZIEWICZ E.J., FILGUEIRAS T.S., MORRONE O. AND ROMASCHENKO K. 2014. *A world-wide phylogenetic classification of Poaceae (Poaceae)*

<http://www.tropicos.org/docs/meso/CLASSIFICATION%20OF%20world%20grasses%202013%20Oct%2029%20%282%29fZedits%20April%205%202014.htm> (Avril 2014)

-**THOMPSON, C.** 2011. *L'île aux trésors : Biodiversité : nouvelles espèces découvertes (1999-2010)*, W.W.F rapport MWIOPO. 23 p.

http://www.awsassets.panda.org/downloads/lr_madagascar_new_species_french(Juin 2011)

-**COX, GERNANDEZ & SHREURS.** 2004. Discussion on tectonic evolution of the Proterozoic Itremo Group metasediments in Central Madagascar Special Publication

<http://www.intl-jgs.geoscienceworld.org/content/161/3/539.short>