

**METHOD FOR THE EVALUATION OF CLIMATIC CHANGES ENVISAGING THE PROTECTION OF GRAPE-GROWING TERROIRS: THE GEOVITICULTURE MCC SYSTEM IN THE EVALUATION OF THE POTENTIAL IMPACT OF THE CONSTRUCTION OF HYDROELECTRIC POWER PLANTS ON VITICULTURE**  
**METHODE D'EVALUATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ENVISAGEANT LA PROTECTION DES TERROIRS VITICOLES : LE SYSTEME CCM GEOVITICOLE DANS L'EVALUATION DE L'IMPACT VITICOLE POTENTIEL EN FONCTION DE LA CONSTRUCTION DES USINES HYDROELECTRIQUES**

**J. Tonietto**<sup>1</sup>, O.L.L. de Moraes<sup>2</sup> et H. Hasenack<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Embrapa - Centre National de Recherche de la Vigne et du Vin ; Rua Livramento, 515 ; 95700-000 - Bento Gonçalves, Brésil ; tonietto@cnpuv.embrapa.br

<sup>2</sup> Département de Climatologie, Université Fédérale de Santa Maria - UFSM.

<sup>3</sup> Centre d'Ecologie, Université Fédérale du Rio Grande do Sul - UFRGS.

**Remerciements**

À la Ceran pour le support financier au projet de recherche ; à l'Ibravin et l'Ufrgs pour avoir rendu disponible la base digitale de la région de la Serra Gaúcha et pour les cartes et modèles 3D.

**Mots-Clés**

qualité, changement climatique, impact climatique, Système CCM Géoviticole, protection des terroirs viticoles.

**Résumé**

La recherche, conduite en 2002, a envisagé l'estimation, a priori, de l'effet du changement mesoclimatique sur le potentiel qualitatif de la région viticole de la Serra Gaúcha (Vallée du Rio das Antas) - Brésil, en fonction de la construction de 3 usines hydroélectriques. Avec une puissance totale de 360 MW, les usines seront opérationnelles entre 2004-2007. La superficie totale d'inondation est de 11,4 km<sup>2</sup>. La demande des viticulteurs était d'avoir une évaluation des effets d'un éventuel changement climatique en fonction de cette action humaine sur le potentiel viticole de la région. Elle présente climat IS<sub>2</sub> IH<sub>+1</sub> IF<sub>-1</sub> (humide, tempéré chaud, à nuits tempérées) selon le Système de Classification Climatique Multicritères Géoviticole (Système CCM Géoviticole). Le Système, qui offre plusieurs outils d'aide aux études de zonage vitivinicole à différents échelles, utilise 3 indices climatiques viticoles de référence (Indice de Sécheresse - IS, Indice Héliothermique - IH et Indice de Fraîcheur des Nuits - IF). Ces indices sont représentatifs de la variabilité du climat viticole liée aux exigences des cépages, à la qualité de la vendange (sucre, couleur, arôme) et à la typicité des vins. Dans une première étape, l'étude a été développée en utilisant la modélisation climatique numérique avec le modèle RAMS (Regional Atmospheric Modeling System), version 4.3, au niveau meso et macroclimatique dans la région des usines. Quatre situations ont été simulées : vigne au Fond de la Vallée - FV (situation juste à coté de la rivière) - (1) Climat Actuel (CA-FV) et (2) Climat Futur (CF-FV) ; Haut de la Vallée - HV (416 m supérieure en altitude et à une distance horizontale de 102 m para rapport à FV) - (3) Climat Actuel (CA-HV) et (4) Climat Futur (CF-HV). Le CF représente la situation de plus fort impact potentiel, où la superficie à être inondée sera la plus grande. Egalement, une étude de l'évolution du changement climatique à partir de la rivière jusqu'à la disparition de ces effets dans la région a été conduite. Les variables climatiques concernent les températures (minimale, maximale et moyenne), pluie, Rg, insolation, humidité de l'air e vitesse du vent ont été modélisées au pas de temps mensuel. L'évapotranspiration potentielle (ETP Penman) a été calculée. Par la suite, les indices IH, IF et IS ont été calculés, avec l'utilisation des fonctionnalités du Système, soit pour CA, soit pour CF dans les situations FV et HV. Les résultats ont montré que le climat viticole ne change pas de classe dans le climat futur. Pour l'IH au fond de la vallée, la valeur de 2.488 (CA-FV) passe à 2.483 dans le scénario futur (CF-FV). En haut de la Vallée, l'IH passe de 2.451 (CA) à 2.443 dans CF. Pour l'IF on ne constate pas un changement climatique pour la période de référence de l'indice (moi de mars), sauf

pour la période de décembre à février, avec une augmentation de 0,1 à 0,2 °C dans le climat futur pour les deux situations (FV et HV). L'IS présente des valeurs entre 4 à 6 mm supérieures dans le climat futur en comparaison avec CA, soit pour FV ou HV. Le résultat est fonction surtout d'une précipitation un peu plus élevée et d'une ETP un peu plus faible dans le climat futur. L'étude a permis d'estimer que la construction des 3 usines hydroélectriques ne changera pas le macroclimat, mais devra causer un changement au niveau du climat local (topoclimat), en fonction d'une augmentation de l'IS et de la réduction de l'IF, restreint aux zones internes (coteaux de la Vallée du Rio das Antas). Le changement tend à zéro quand on s'éloigne de la vallée (plus de 1000 m de distance la rivière). Ce changement est potentiellement négatif vis-à-vis des caractéristiques qualitatives du raisin. Par contre, il est de très faible intensité. Une cartographie en 3D de la région des usines, avec la superficie à être inondée, a été saisie. Une suivie des conditions climatiques de long terme est en cours envisageant l'évaluation du changement climatique réel et son influence sur la viticulture.

### **Abstract**

The research, conducted in 2002, has aimed at estimating, a priori, how the mesoclimatic change, conditioned by the construction of 3 hydroelectric power plants, will affect the qualitative potential of the grape-growing region of the Serra Gaúcha (Rio das Antas Valley), Brazil. The power plants will begin to operate between 2004 and 2007, and their total capacity will amount to 360 MW. The total inundation surface will be 11,4 km<sup>2</sup>. The vine growers requested to get an idea about how a possible climatic change, caused by this man-made action, could affect the vineyard potential of this region. According to the Géoviticulture Multicriteria Climate Classification System (Géoviticulture MCC System), the region has the climate IS<sub>2</sub> IH<sub>+1</sub> IF<sub>-1</sub> ("humid, temperate warm, with temperate nights"). The system, which offers several tools for viticultural zoning studies on different scales, employs 3 viticultural climatic indices of reference (Dryness Index – IS, Heliothermal Index - IH, and Cool Night Index - IF). These indices are representative of the variability of the viticultural climate related to the requirements of the grape varieties, the quality of the grapes (sugar, color, flavor) and the characteristics of the wines. In a first stage of the study, numerical climatic modeling with the RAMS (Regional Atmospheric Modeling System), version 4.3, was employed at the meso- and macroclimatic level in the region of the power plants. Four situations were simulated: vineyard at the foot of the valley – FV – (location right at the riverbanks) – (1) Current Climate (CA-FV) and (2) Future Climate (FC-FV); at the top of the valley – HV – (416m higher and at a horizontal distance of 102m in relation to FV) – (3) Current Climate (CA-HV) and (4) Future Climate (CF-HV). The CF demonstrates the situation with the strongest potential impact where the surface to be flooded is the largest. Equally, a study on the evolution of the climatic change was conducted starting from the river up to the disappearance of these effects in the region. The climatic variables, concerning the temperatures (minimum, maximum and average), rain, Rg, insolation, air humidity and speed of the wind were modeled at a monthly rate. The potential evapotranspiration was calculated. In the following, the indices IH, IS and IF were calculated, using the functions of the System, for CA as well as for CF in the situations FV and HV. The results have shown that the viticultural climate does not change class in the future climate. For IH at the foot of the valley, the value 2.488 (CA-FV) changes to 2.483 in the future climate (CF-FV). At the top of the valley the IH changes from 2.451 (CA) to 2.433 for CF. In this way, no significative influence on IH was observed. For IF it is not possible to observe a climatic change in the period of reference of the index (March) except for the period from December to February, with an increase of 0,1 to 0,2°C in the future climate for the two situations (FV and HV). The IS shows values between 4 and 6 mm higher in the future climate when compared with CA, be it for FV or HV. The result is above all a consequence of a slightly higher precipitation and of a slightly weaker ETP in the future climate. The study has allowed to estimate that the construction of the three hydroelectric power plants will not change the macroclimate, but should cause a change at the level of the local climate (topoclimate), as an effect of an increase of the IS and of the reduction of the IF, restricted to internal areas (slopes of the Rio das Antas Valley). The change tends towards zero at a certain distance from the valley (more than 1000m distance from the river). This change is potentially negative for the qualitative characteristics of the grapes. However, it is of very weak intensity. A 3D chart of the power plants region with the surface to be flooded has been produced. A study on the long-term climatic conditions is currently being performed aiming at the evaluation of the real climatic change and its influence on the viticulture.

## 1. Introduction

La région vitivinicole de la Serra Gaúcha concentre 90% de la production brésilienne de vins. Elle est située dans la Vallée du Rio das Antas, formé par plusieurs affluents (vallées). La région présente climat viticole moyen IS<sub>2</sub> IH<sub>+1</sub> IF<sub>-1</sub> (humide, tempéré chaud, à nuits tempérées) selon le Système CCM Géoviticole.

Un projet de construction de 3 usines hydroélectriques a été conçu pour profiter du potentiel énergétique du Rio das Antas dans la région vitivinicole (Figure 1). Les trois usines auront une puissance totale de 360 MW, et devront être opérationnelles entre 2004-2007. La superficie totale d'inondation correspond à 11,4 km<sup>2</sup> (voir image perspective sur la Figure 1).

En 2002, les producteurs vitivinicoles ont demandé une évaluation des effets, sur le potentiel viticole de la région, d'un éventuel changement climatique en fonction de cette action humaine de construction des usines.

Ainsi, une recherche a été développée envisageant l'estimation, a priori, de l'effet du changement mesoclimatique sur le potentiel qualitatif de la viticulture dans la région de la Serra Gaúcha - Vallée du Rio das Antas, en fonction de la construction de 3 usines hydroélectriques. Ce travail présente la partie de cette recherche du point de vue de la méthodologie utilisée pour l'évaluation, a priori, de l'impact potentiel des usines.

## 2. Matériel et Méthodes

La recherche a été conduite en 2002. Pour avoir des données climatiques, dans une première étape, l'étude a utilisé la modélisation climatique numérique avec le modèle RAMS (Regional Atmospheric Modeling System), version 4.3, au niveau meso et macroclimatique dans la région des usines. Quatre situations ont été simulées : a) vigne au Fond de la Vallée - FV (situation juste à côté de la rivière) - (1) Climat Actuel (CA-FV) et (2) Climat Futur (CF-FV); b) Haut de la Vallée - HV (416 m supérieure en altitude et à une distance horizontale de 102 m par rapport à FV) - (3) Climat Actuel (CA-HV) et (4) Climat Futur (CF-HV). Le CF représente la situation de plus fort impact potentiel, où la superficie à être inondée sera la plus grande. Également, une étude de l'évolution du changement climatique à partir de la rivière jusqu'à la disparition de ces effets dans la région a été conduite. Les variables climatiques concernent les températures (minimale, maximale et moyenne), pluie, Rg, insolation, humidité de l'air et vitesse du vent ont été modélisées au pas de temps mensuel. L'évapotranspiration potentielle (ETP Penman) a été calculée.

La méthodologie du Système de Classification Climatique Multicritères Géoviticole (Système CCM Géoviticole) a été utilisée pour l'évaluation qualitative de l'impact viticole (Tonietto & Carbonneau, 2004). Le Système offre plusieurs outils d'aide aux études de zonage vitivinicole à différentes échelles (Tonietto, 2003) et utilise 3 indices climatiques viticoles de référence (Indice de Sécheresse - IS, Indice Héliothermique - IH et Indice de Fraîcheur des Nuits - IF). Ces indices sont représentatifs de la variabilité du climat viticole liée aux exigences des cépages, à la qualité de la vendange (sucre, couleur, arôme) et à la typicité des vins.

Après l'obtention des différents scénarios climatiques par la modélisation RAMS, les indices IH, IS et IF ont été calculés, avec l'utilisation des fonctionnalités du Système, soit pour CA, soit pour CF dans les situations FV et HV.

L'IH a été calculé mois par mois - période d'octobre à mars ; l'IF a été calculé mois par mois - période décembre à mars ; l'IS a été calculé mois par mois sans plafonnement de la valeur IS à 200 mm.

L'impact potentiel du changement climatique sur la qualité du raisin de cuve a été estimé par chaque indice climatique viticole sur 6 niveaux : inexistant, très faible, faible, moyen, élevé et très élevé. Le niveau d'impact très élevé serait quand la valeur d'un indice climatique viticole estimé changerait la classe de climat viticole dans le CF par rapport au CA, selon les classes de climat viticole du Système CCM Géoviticole (Tonietto & Carbonneau, 2004).

Une cartographie en 3D de la région des usines, avec la superficie à être inondé, a été saisie.

### 3. Résultats et Discussion

Les résultats montrent que le climat viticole ne change pas de classe dans le scénario futur par rapport au scénario actuel. Pour l'IH au fond de la vallée, la valeur de 2.488 (CA-FV) passe à 2.483 dans le scénario futur (CF-FV) (Figure 2). En haut de la Vallée, l'IH passe de 2.451 (CA) à 2.443 (CF). Ainsi, aucune influence significative n'a pas été constatée sur l'IH. Pour l'IF on ne constate pas un changement climatique pour la période de référence de l'indice (moi de mars), sauf pour la période de décembre à février, avec une augmentation de 0,1 à 0,2 °C dans le climat futur (Figure 3) pour les deux situations (FV et HV). En fait, une réduction de l'amplitude thermique a été constatée, avec également la réduction des températures maximales. L'IS, ici calculée sans plafonnement à 200 mm car on est sur région humide, présente des valeurs entre 4 à 6 mm supérieures dans le climat futur en comparaison avec le CA, soit pour FV ou HV (Figure 4). Le résultat est fonction surtout d'une précipitation un peu plus élevée et d'une ETP un peu plus faible dans le climat futur.

L'étude a permis d'estimer que la construction des 3 usines hydroélectriques ne changera pas le macroclimat, mais devra causer un changement au niveau du climat local (topoclimat), en fonction d'une augmentation de l'IS et de la réduction de l'IF, restreint aux zones internes (coteaux de la vallée du Rio das Antas). Le niveau d'impact potentiel sur la qualité du raisin de cuve peut être classé comme inexistant pour l'IH et très faible pour l'IF et l'IS.

Le changement tend à zéro quand on s'éloigne de la vallée (plus de 1000 m de distance de la rivière) (Figure 5).

D'autres évaluations ont été conduites pour évaluer l'impact potentiel des usines sur l'incidence de maladies sur la vigne (Tonietto et al., 2002)

Un suivi des conditions climatiques de long terme, avec des stations météorologiques automatisées, est en cours envisageant l'évaluation du changement climatique réel en fonction de la construction des 3 usines.

### 4. Conclusions

L'étude a permis d'estimer que la construction des 3 usines hydroélectriques ne changera pas le macroclimat, mais devra causer un changement au niveau du climat local (topoclimat), en fonction d'une augmentation de l'IS et de la réduction de l'IF, restreint aux zones internes (coteaux de la Vallée du Rio das Antas). Ce changement est potentiellement négatif vis-à-vis des caractéristiques qualitatives du raisin, mais il est de très faible impact sur la qualité potentielle du raisin de cuve.

Les indices climatiques du Système CCM Géoviticole, en association avec la modélisation par le RAMS, a été une méthodologie qui a permis l'estimation de l'impact du changement climatique sur la qualité potentielle du raisin de cuve.

### Bibliographie

Moraes, O.L.L. de.; Acevedo, O.C. 2002. Modelagem do impacto climático na Região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul devido ao Complexo Energético do Rio das Antas. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. 97p.

Tonietto, J. 2003. Zonificación Vitícola: metodología de implementación y herramientas del sistema CCM Geovitícola. In: Curso Internacional de Vitivinicultura, 2003, Neuquén. Memoria Técnica. Neuquén, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA. pp. 1-22.

Tonietto, J.; Garrido, L. da R.; Sônego, O.R. 2002. Avaliação ex-ante do impacto de alterações climáticas do Complexo Energético do Rio das Antas sobre a viticultura regional. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. (Relatório técnico). 76p.

Tonietto, J; Carbonneau, A. 2004. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agricultural and Forest Meteorology*, 124/1-2, 81-97.

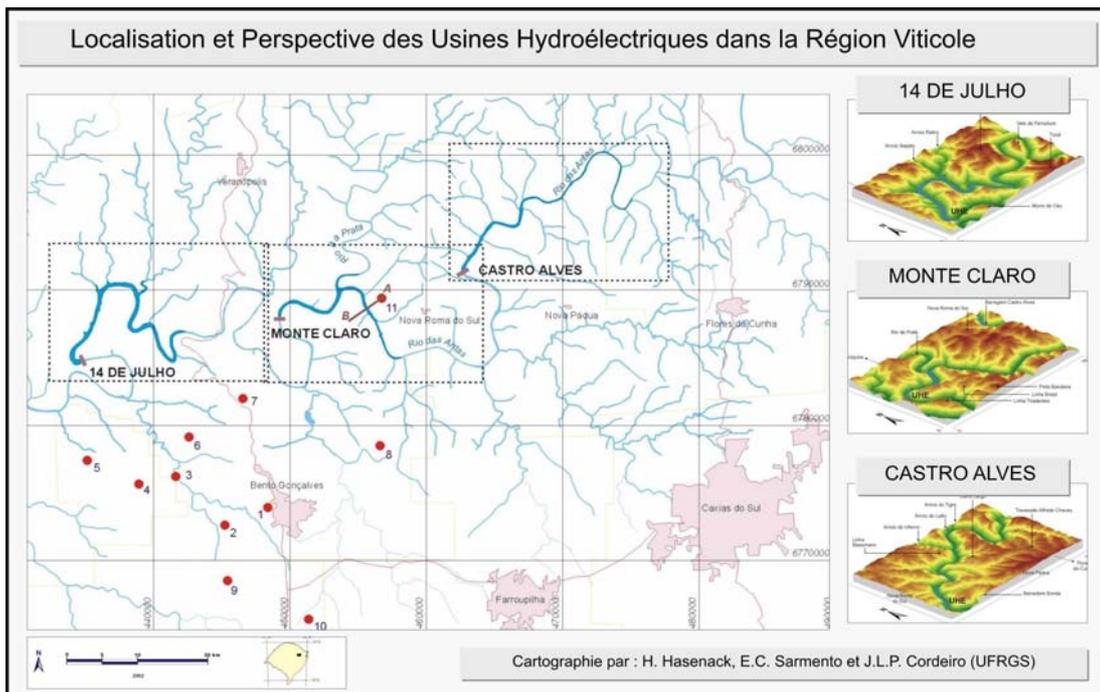


Figure 1. Perspective et localisation des 3 usines hydroélectriques dans la région vitivinicole de la Serra Gaúcha - vallée du Rio das Antas, Rio Grande do Sul, Brésil.

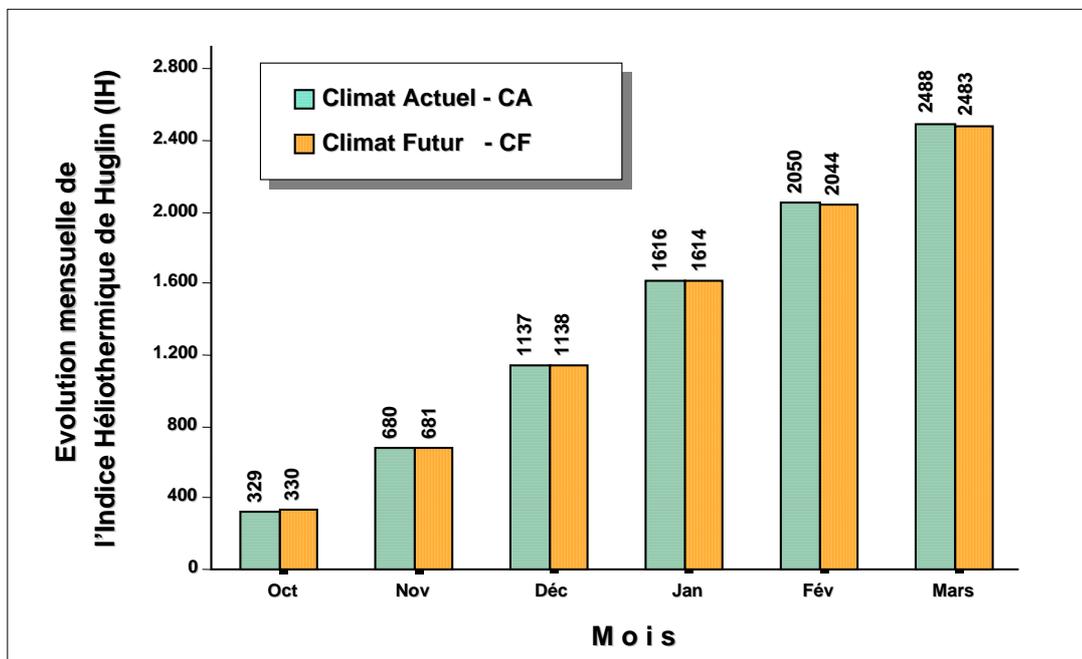


Figure 2. Evolution mensuelle de l'Indice Héliothermique de Hjulén du mois d'octobre au mois de mars, dans le Climat Actuel (CA-FV) et dans le Climat Futur (CF-FV) au fond de la Vallée du Rio das Antas.

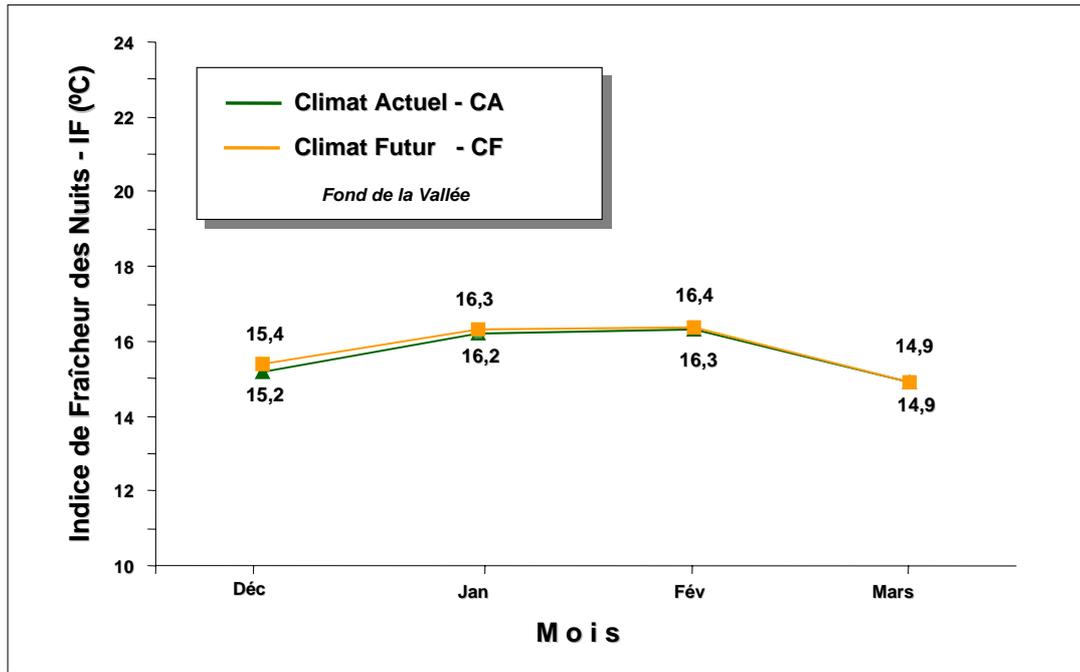


Figure 3. Evolution mensuelle de l'Indice de Fraîcheur des Nuits du mois de décembre au mois de mars, dans le Climat Actuel (CA) et dans le Climat Futur (CF) au fond de la Vallée du Rio das Antas.

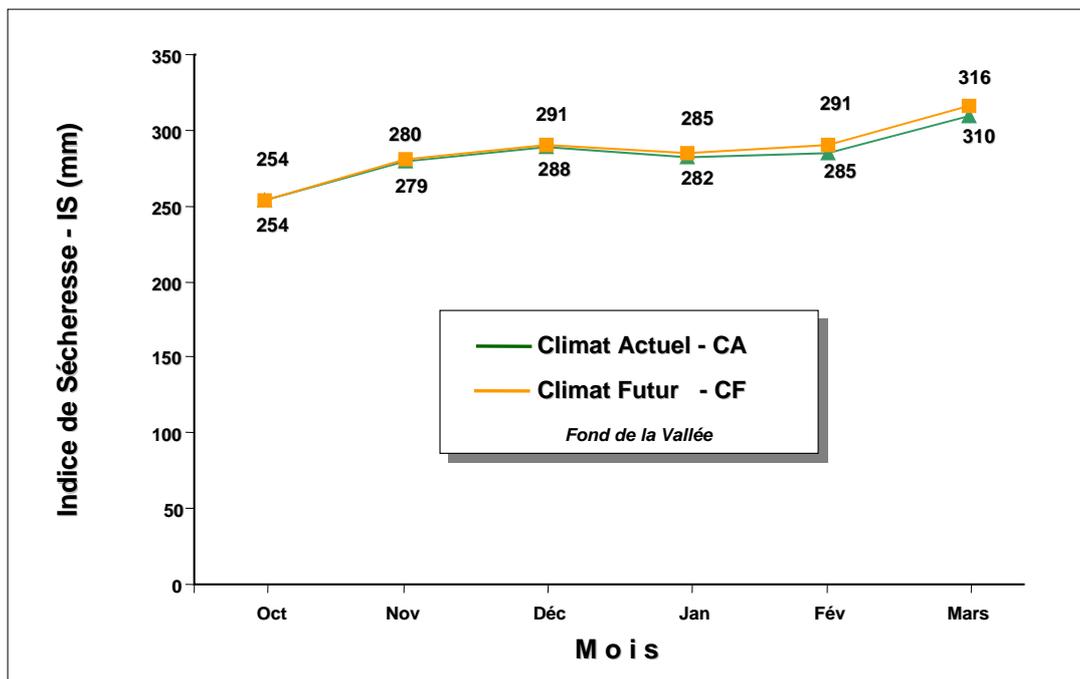


Figure 4. Evolution mensuelle de l'Indice de Sécheresse (IS) du mois d'octobre au mois de mars, dans le Climat Actuel (CA) et dans le Climat Futur (CA) au fond de la Vallée du Rio das Antas.

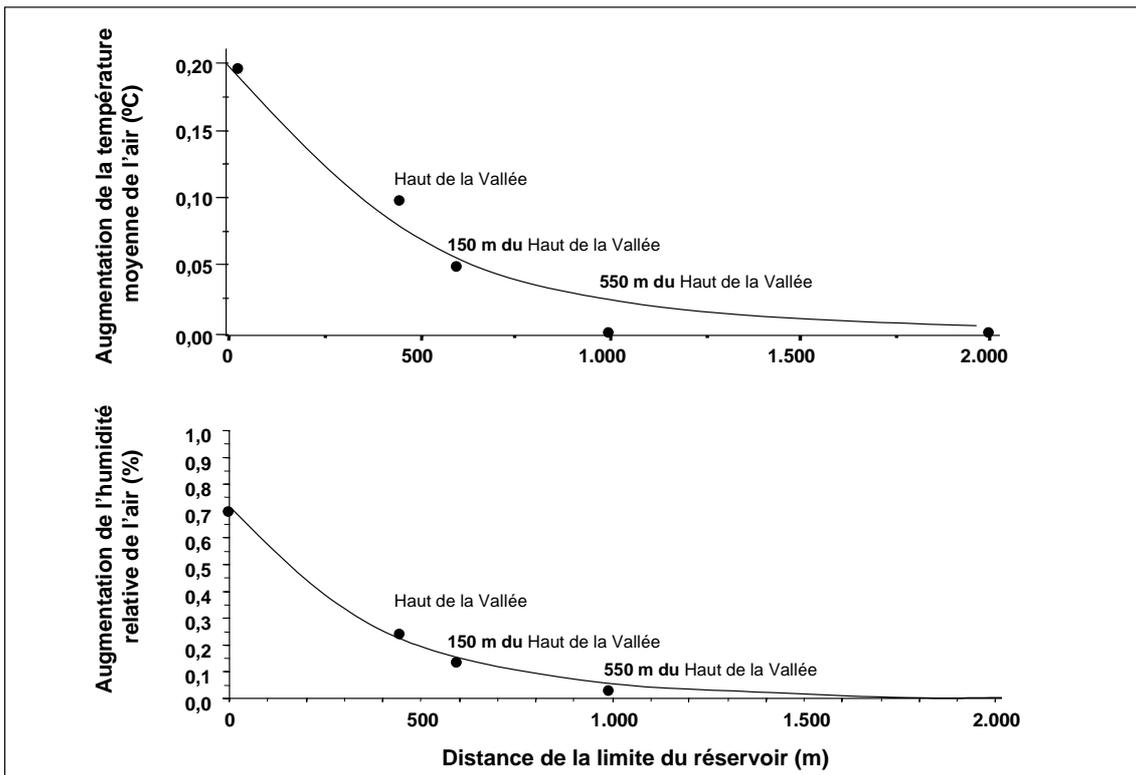


Figure 5. Evolution de l'augmentation de la température moyenne de l'air (°C) et de l'humidité relative de l'air (%) dans le Climat Futur (CF) en fonction de la distance de la limite du réservoir (m) ; données de modélisation (Moraes & Acevedo, 2002).