

Milieux propices au *Coffea canephora* en Martinique

Jean-Philippe Claude

Volume 17, numéro 3, décembre 2017

Biodiversités et gestion des territoires : de la connaissance des territoires à leur gestion maîtrisée au regard des différentes composantes biologiques

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1058361ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Université du Québec à Montréal
Éditions en environnement VertigO

ISSN

1492-8442 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Claude, J.-P. (2017). Milieux propices au *Coffea canephora* en Martinique. *VertigO*, 17(3).

Résumé de l'article

Pionnière pour la culture du café dans la Caraïbe dès 1720, connue pour son légendaire café Arabica, la Martinique n'a plus aucune filière caféière depuis le XIXe siècle. Afin de relancer la culture, un système d'information géographique (SIG) avait été élaboré pour effectuer un zonage pédoclimatique et retrouver les milieux propices au *Coffea arabica*. Le zonage a abouti à une impossibilité de production pour le futur d'un café Arabica d'excellence, les précipitations représentant un facteur limitant important. La présence sur l'île d'une autre espèce exogène du genre *Coffea* très cultivée dans le monde (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner), et l'ère caféière significative qu'aurait connue la Martinique ont justifié l'élaboration d'un nouveau zonage pédoclimatique. Les exigences édapho-climatiques du *C. canephora* ont alors été définies à l'aide de la littérature scientifique mondiale. Les données numériques (isohyètes, isothermes, géomorphologie) proviennent des mêmes institutions martiniquaises ayant compétences dans la production de données environnementales (IRD, IGN, Météo-France, DEAL Martinique, CTM). Ces données ont été traitées avec un logiciel de SIG : QGIS version 2.12.3. Le zonage pédoclimatique du *Coffea canephora* a révélé plusieurs zones propices pour sa culture contrairement à l'Arabica. À partir des prévisions des services de la Météorologie Nationale pour l'horizon 2071-2100, nous avons effectué un zonage aboutissant à une possibilité restreinte de production de ce café pour les années futures. Ces zonages ont montré les contraintes des conditions environnementales de la Martinique pour la culture caféière.

Milieux propices au *Coffea canephora* en Martinique

Jean-Philippe Claude

Introduction

- 1 La géomorphologie de la Martinique, ses différents faciès topographiques, son étagement bioclimatique sont autant de facteurs conditionnant une hétérogénéité de biotopes favorisant la mise en place d'écosystèmes variés et une pluralité de formes de vies biologiques (Joseph, P., 2009). Les mobilités humaines à l'échelle planétaire ont conduit à des échanges floristiques et à la dissémination d'espèces d'un continent à un autre au gré des voyages et des conquêtes, contribuant à la diversification des flores autochtones (Kricher, 1999 ; Bennett et al., 2000 ; Joseph, 2006, 2009). De nombreuses espèces végétales dites utiles furent ainsi introduites pour des raisons économiques. Les Petites Antilles ont connu ce phénomène dès le début de leurs colonisations et ont eu des apports floristiques divers provenant d'Amérique tropicale, d'Afrique et d'Asie (Joseph, 2006, 2009 ; Maunder et al., 2011). Les espèces du genre *Coffea* qui ont été introduites à la Martinique font partie de ces plantes utiles. On distingue trois espèces de caféier présentes sur l'île : *C. arabica*, *C. canephora* et *C. liberica* (Fournet J., 2002).
- 2 Le *Coffea arabica* var. *typica* aurait été introduit dans l'île dès le début du XVIII^e siècle et y aurait été cultivé intensément avant d'être abandonné au XIX^e siècle (D'Aulnay, 1832 ; Louis Du Bois, 1855 ; Jeanguyot et al., 2003 ; Elzebroek, 2008 ; Hardy, 2014). L'ère caféière ayant donné lieu au fameux « café Martinique » n'aura duré qu'un siècle et demi (Hardy, 2014). L'Arabica (comprenant plusieurs variétés) fut en effet pendant des siècles le seul café le plus cultivé au monde et donnant encore aujourd'hui une boisson douce et aromatisée très appréciée (Puerta, 1998 ; Leroy et al., 2006 ; DaMatta et al., 2007 ; Barel, 2008 ; Pinard, 2008 ; Gomez, 2009 ; Pohlman et al., 2010 ; Aguilar et al. 2012 ; Lamah, 2013). La culture du *C. canephora* serait plus récente et son expansion dès la fin du XIX^e siècle, serait liée entre autres à l'accroissement de la demande en café dans le monde, à la sensibilité du *C. arabica* aux maladies conduisant les producteurs à se tourner vers les

autres caféiers et leurs variétés en dépit de leurs plus fortes teneurs en caféine (Pinard, 2008 ; Pohlant al., 2010). Le café robusta connu pour son caractère énergisant et son goût plus amer s'est alors développé (Bart, 2008).

- 3 En Martinique, une tentative de relance de la culture du *C. arabica* a été initiée en identifiant les zones qui seraient propices à cette culture² (Claude, 2015 ; Claude, 2016). Un zonage pédoclimatique a donc été réalisé en se basant sur les exigences édapho-climatiques du *Coffea arabica* telles que définies dans la littérature scientifique mondiale (Rutunga et al., 1994 ; Jeanguyot et al., 2003 ; DaMatta et al., 2007 ; Meireles et al., 2007 ; Bart, 2008 ; Barel, 2008 ; Pinard, 2008 ; Elzebroek, 2008 ; Pohlant et al., 2010 ; Solórzano et al., 2010 ; Zullo et al., 2011 ; Soto, 2013).
- 4 L'élaboration d'un zonage nécessite plusieurs étapes (Meireles et al., 2007 ; Rosa, 2007 ; Petek et al., 2009 ; Andrade et al., 2012 ; de Carvalho Alves et al., 2013 ; Soto, 2013 ; Wollmann et al., 2013 ; de Medeiros et al., 2013 ; Santos et al., 2014). Après avoir défini les exigences écologiques de l'espèce en fonction des facteurs physiques déterminants pour la culture, la base du zonage est établie à l'aide de critères permettant de classer l'aire d'étude en plusieurs zones allant de l'optimal à l'inapte (Claude, 2016). L'amplitude thermique et pluviométrique ainsi que les types de sol constituent la base du zonage car considérés comme des facteurs déterminants pour le zonage selon la littérature mondiale (Pinto et al., 2001 ; Evangelista et al., 2002 ; Barros et al., 2006 ; Meireles et al., 2007 ; Soto, 2013 ; Wollmann et al., 2013). Ces critères résultent de la superposition à l'aide d'un logiciel de SIG (système d'informations géographiques), de cartes mono-factorielles traitées au 1/500 000 (Température, Pluviosité, Sol), (Claude, 2016).
- 5 Trois siècles après l'introduction et la culture du café à la Martinique, le zonage pédoclimatique réalisé pour le *Coffea arabica* var. *typica* abouti à une impossibilité de production d'un café d'excellence, les précipitations représentant un facteur limitant important (Claude, 2015 ; Claude, 2016). D'ailleurs au regard du gradient thermique de la Martinique, se caractérisant par une température moyenne annuelle de 26°C et des températures maximales pouvant dépasser 30°C plusieurs fois dans l'année sur la majeure partie du territoire (Albert et al., 1999 ; Cantet et al., 2014), les conditions ne sont pas adaptées aux exigences écologiques du *C. arabica*. Celui-ci ne tolérant pas les températures avoisinant les 30°C et nécessitant un optimum de 18° à 22°C de température moyenne annuelle pour produire un café de qualité, contrairement au *C. canephora* ayant un optimum de 22° à 26°C et appréciant les milieux chauds et humides (Barros et al., 2006 ; DaMatta et al., 2007 ; Meireles et al., 2007 ; Bart 2008 ; Barel, 2008 ; Elzebroek, 2008 ; Pinard, 2008 ; Pohlant et al., 2010 ; Zullo et al., 2011 ; Soto, 2013). Un zonage pédoclimatique pour le *C. canephora* en Martinique est ainsi élaboré. Nous avons également cherché à évaluer les effets plausibles du changement climatique pour la culture de ce café en élaborant un zonage agro-climatique. Ceci à l'aide des prévisions des services de la Météorologie Nationale (Météo-France) à l'horizon 2071-2100, au regard des nouvelles contraintes climatiques attendues pour la Martinique.

Matériel

- 6 *Coffea canephora* Pierre ex Froehner est l'une des espèces du genre *Coffea* la plus cultivée par l'homme (Pinard, 2008 ; Gomez, 2009 ; Jeanguyot et al., 2003). Sa culture est récente et son expansion date de la fin du XIXe siècle (Pinard, 2008 ; Pohlant et al., 2010). C'est un végétal arborescent pouvant atteindre 9 mètres de hauteur, voire plus, aux feuilles de

formes elliptiques à obovales ou lancéolées et dont les marges sont souvent ondulées. Les stipules sont présentes, de formes diverses ; les fleurs sont nombreuses, odorantes et en groupes axillaires (Fournet, 2002). Cette espèce comprend plusieurs variétés : le Robusta, le Conilon et le Kouilou (Pohlan et al., 2010). La plus connue et cultivée est le Robusta connu pour son caractère énergisant et son goût prononcé (Bart, 2008).

- 7 *Coffea canephora* est originaire d'Afrique sub-équatoriale. Les sous-bois des forêts tropicales africaines constituent l'habitat naturel des caféiers (DaMatta et al., 2007) néanmoins *C. canephora* tolère la chaleur et l'humidité des régions de basses altitudes (inférieures à 1000 mètres) contrairement à l'*Arabica* qui requiert la fraîcheur des hautes montagnes tropicales.
- 8 Des températures moyennes annuelles comprises entre 22°C et 26°C et une pluviométrie annuelle comprise entre 1 500 et 3 000 mm (avec une saison sèche de 2 à 3 mois) constituent un optimum pour la culture du *C. canephora*. Pour l'*Arabica* des températures moyennes annuelles comprises entre 18°C et 22°C et une pluviométrie annuelle de 1200-1 800 à 2400 mm (2 à 4 mois de saison sèche) constituent des conditions optimales pour sa culture. *Coffea arabica* ne tolère pas les températures avoisinant les 30°C et dès 23°C le développement et la maturation de ses fruits sont accélérés, entraînant souvent une perte de qualité. *Coffea canephora* ne tolère pas quant à lui les températures inférieures à 15°C.
- 9 DaMatta et al., 2007 et Bart en 2008, ont à nouveau souligné que le cycle végétatif des caféiers est lié aux précipitations. Elles doivent être abondantes pour susciter une bonne floraison, mais en persistant elles entraînent des récoltes dispersées et de faibles rendements. Des précipitations annuelles dépassant 3000 mm favorisent également le développement de maladies. Elles doivent par conséquent diminuer pour permettre une maturation optimale des cerises, tout en sachant que les périodes sèches peuvent limiter la culture. (DaMatta et al., 2007 ; Bart, 2008).
- 10 Par conséquent l'*Arabica* peut se retrouver selon la littérature mondiale, dans des milieux où les températures sont comprises entre 16° et 25°C et une pluviométrie annuelle de 1200 à 3000 mm tandis que le *Canephora* se retrouvera dans des milieux où les températures sont comprises entre 15 à 30°C et une pluviométrie annuelle également de 1200 à 3000 mm. Ces valeurs ne seront pas considérées pour autant comme optimales pour leurs cultures, mais permettent de cartographier l'aire de distribution de ces espèces à la Martinique (Willson et al., 1985 ; Bart, 2008 ; Barel, 2008 ; Elzebroek, 2008 ; Pinard, 2008 ; Pohlan et al., 2010 ; Andrade et al., 2012 ; de Carvalho Alves et al., 2013).
- 11 La Martinique est une île montagneuse de 1128 km² occupant une position centrale dans l'archipel des Petites Antilles situé dans la Caraïbe (Figure 1). Sa géomorphologie est très contrastée avec d'une part le Nord très montagneux, composé d'importants massifs volcaniques (supérieurs à 800 mètres d'altitude) et le Sud composé de collines (inférieures à 500 mètres d'altitude). D'autre part le centre de l'île est marqué par des plaines (Figure 2). La température moyenne annuelle en Martinique est de 26°C. L'île bénéficie d'une excellente ventilation (elle est régulièrement balayée par des alizés du Nord-Est) et se caractérise par une humidité souvent élevée (Albert, P., et al., 1999). Le climat est de type tropical humide et se définit par deux saisons : la saison sèche de février à mars et la saison des pluies (correspondant également à la saison cyclonique) de juillet à octobre (Albert et al., 1999). A ceux-ci s'ajoutent des périodes de transition plus courtes aux caractéristiques moins marquées. La diversité des formations géologiques et la

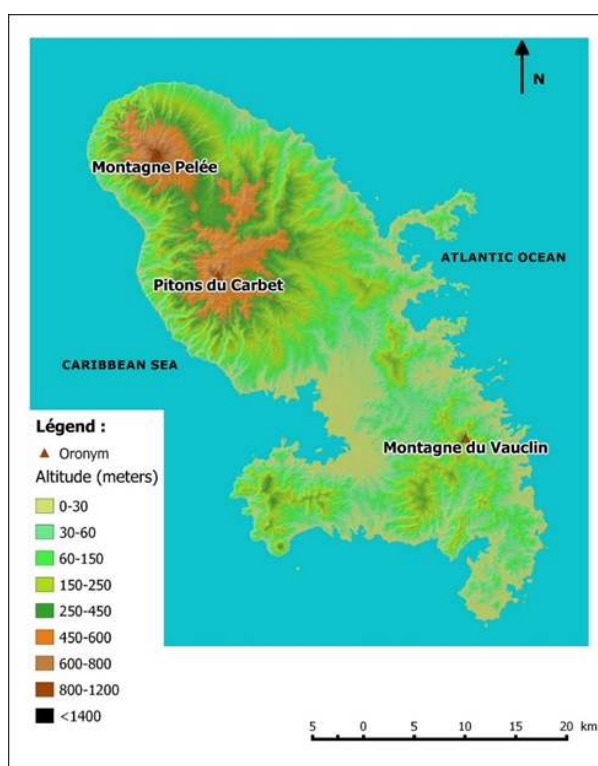
répartition spatiale contrastée des précipitations sont à la base d'une grande diversité pédologique (Portecop, 1978 ; Atlan, 1990 ; Venkatapen, 2012).

Figure 1. Localisation de la Martinique dans la Caraïbe.



Source : Illustration tirée de : Claude et al. (2017). Contribution to the knowledge of the Rubiaceae of the Lesser Antilles: Martinique's case. *Journal Of Advances In Biology*, 9(4), 1976-1993.

Figure 2. Carte hypsométrique de la Martinique.



Source : IGN. Illustration tirée de : Claude et al. (2017). Contribution to the knowledge of the Rubiaceae of the Lesser Antilles: Martinique's case. *Journal Of Advances In Biology*, 9(4), 1976-1993.

Méthode

- 12 La méthodologie appliquée pour l'élaboration du zonage pédoclimatique du *Coffea canephora* est la même que celle appliquée précédemment pour le zonage du *Coffea arabica* (Claude, 2015 ; Claude, 2016).
- 13 Le profil écologique de *C. canephora* a été défini à partir de la littérature scientifique mondiale. Les facteurs écologiques déterminants et les valeurs retenues sont présentés dans le tableau 1 (Willson et al., 1985 ; Evangelista, et al., 2002 ; DaMatta et al., 2007 ; Bart, 2008 ; Elzebroek, 2008 ; Pinard, 2008 ; Pohlen et al., 2010 ; Andrade et al., 2012 ; de Carvalho Alves et al., 2013). Les données éco-climatiques (températures moyennes annuelles minimales et maximales, précipitations annuelles, sols et altimétrie) utilisables dans le logiciel SIG (Système d'informations géographiques) ont été fournies par les mêmes institutions martiniquaises ayant les compétences dans la production de données environnementales. Ainsi, les données climatiques pour 2015, et les projections pour 2071-2100 de Météo-France ont été à nouveau utilisées (Météo-France Antilles Guyane, 2012 ; Cantet et al., 2014). La carte des sols de la Martinique de l'IRD³, sous forme de données SIG nommées : « pedo_IRD_2006 » a été à nouveau utilisée. Les données SIG orographiques, administratives et la toponymie de la DEAL⁴ et de la Collectivité Territoriale de la Martinique ont été réutilisées. Les données altimétriques de l'IGN⁵ ont été réutilisées (BDALTI 25 mètres de l'IGN, BD ORTHO® Version 2 de l'IGN ; orthophotographies de 2010). Le logiciel QGIS version 2.12.3 (logiciel de SIG) a permis le traitement des données (au référentiel géographique : WGS_1984_UTM_20N) et la réalisation de cartes thématiques au 1/500 000.

Tableau 1. Exigences écologiques du *Coffea canephora*, selon la littérature scientifique mondiale (températures, précipitations et sols uniquement).

	Exigences édapho-climatiques du <i>Coffea canephora</i>
Températures moyennes annuelles	Intervalle de tolérance : 15° à 30°C avec un optimum de 22° à 26°C
Précipitations annuelles	Intervalle de tolérance : 1200 à 3000 mm avec un optimum de 1500 à 2400 mm
Types de sols	Les sols doivent être perméables, bien drainés et aérés, avoir une bonne profondeur. Néanmoins il peut être cultivée sur des sols de profondeur, de pH et de teneurs en minéraux différents à condition d'utiliser les engrais appropriés.

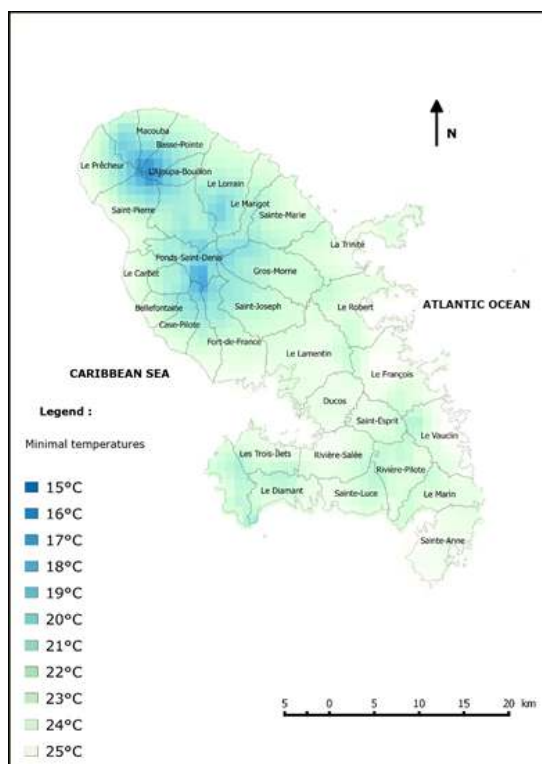
Résultats

Le zonage pédoclimatique pour *Coffea canephora* (Données climatiques de 1971 à 2000 et données pédologiques de 2006)

Les températures

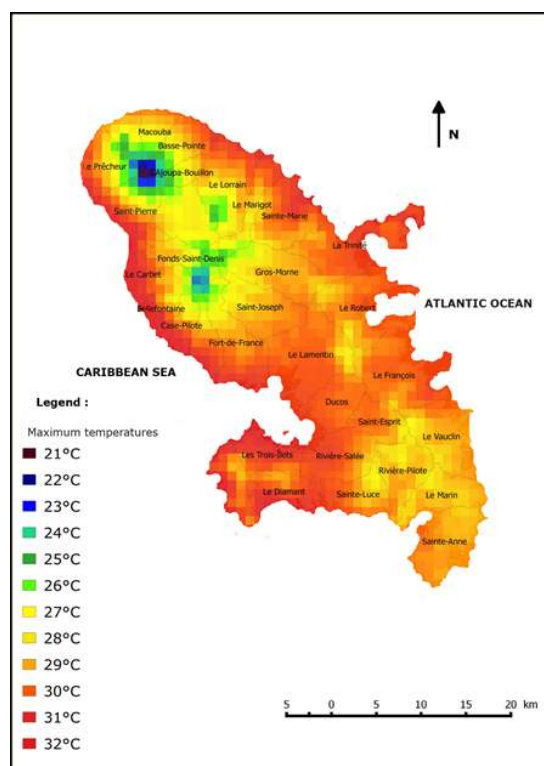
- 14 La température moyenne annuelle en Martinique est de 26°C (Albert, P., et al., 1999). Les températures moyennes annuelles minimales ne passent guère en dessous des 15°C, écartant tout risque de gel (Figure 3). Si les plus hauts sommets de l'île sont marqués par des températures moyennes annuelles minimales allant de 15° à 19°C, la majorité du territoire reste aux alentours des 20° à 25°C (Figures 2 et 3). En revanche les températures moyennes annuelles maximales peuvent atteindre 27° à 32°C sur l'ensemble du territoire (Figure 4). Seuls les plus hauts sommets de l'île connaissent des températures maximales n'excédant pas 26°C (Figures 2 et 4).
- 15 Ces gradients thermiques ne sont pas favorables au *Coffea arabica* qui requiert de la fraîcheur et tolère des températures moyennes annuelles comprises entre 16° et 25°C (optimum de 18° à 22°C) et supporte très mal les températures avoisinant les 30°C (DaMatta et al., 2007 ; Meireles et al., 2007 ; Barel, 2008 ; Bart, 2008 ; Elzebroek, 2008 ; Pinard, 2008 ; Pohlen et al., 2010 ; Zullo et al., 2011 ; Soto, 2013). Cette espèce se situe généralement par conséquent à des altitudes supérieures à 1000 mètres. En revanche *Coffea canephora* apprécie la chaleur et l'humidité et tolère les températures avoisinant les 30°C (Tableau 1), (Barros et al., 2006 ; DaMatta et al., 2007 ; Meireles et al., 2007 ; Bart, 2008 ; Barel, 2008 ; Elzebroek, 2008 ; Pinard, 2008 ; Pohlen et al., 2010 ; Zullo et al., 2011 ; Soto, 2013).

Figure 3. Températures moyennes annuelles minimales (normales 1971-2000).



Source : Illustration tirée de : Claude (2016). Environments Suitable for the Species of the *Coffea* genus in Martinique (The case of *Coffea Arabica* Typica Variety). International Journal of Recent Research and Review.

Figure 4. Températures moyennes annuelles maximales (normales 1971-2000). (Source : Météo-France)



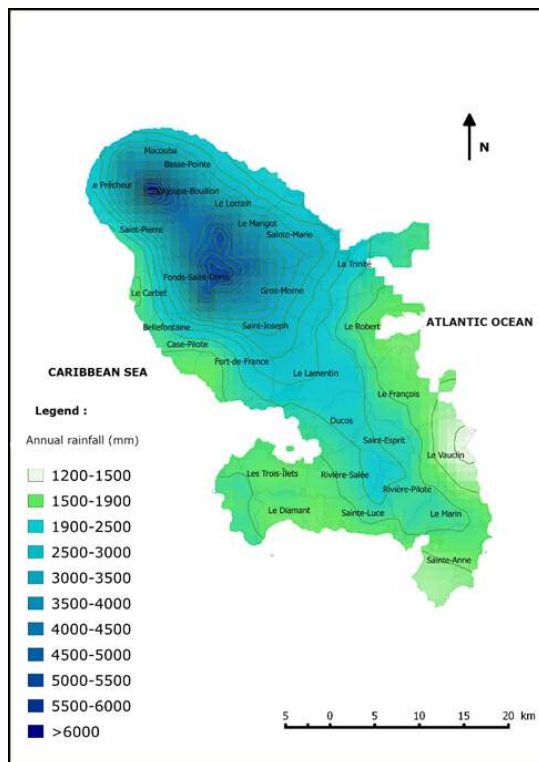
Source : Illustration tirée de : Claude (2016). Environments Suitable for the Species of the *Coffea* genus in Martinique (The case of *Coffea Arabica* Typica Variety). International Journal of Recent Research and Review.

Les précipitations

- 16 Le gradient pluviométrique annuel de la Martinique varie entre 1200 et plus de 6000 mm d'eau. Il est en corrélation avec le gradient altitudinal de l'île (Figures 2 et 5). Le littoral d'ouest en est (de la ville de Saint-Pierre à l'ouest, à la presqu'île de Trinité à l'est, figure 5) est marqué par les plus faibles cumuls de pluies annuelles allant de 1200 à 1900 mm d'eau. Dans la partie sud de l'île, du littoral à l'intérieur des terres caractérisé par des mornes ne dépassant pas 500 mètres d'altitude (Figure 2), les précipitations annuelles vont de 1200 à 2500 mm d'eau (Figure 5). La période sèche y est plus marquée pendant plusieurs mois de l'année, généralement centrée sur les mois de février à mars (Albert, P., et al., 1999). La partie nord de l'île concentre les plus fortes précipitations allant de 2500 à plus de 4500 mm d'eau et celles-ci dépassent les 5000 mm au niveau des plus hauts sommets (Figures 2 et 5).
- 17 *Coffea canephora* tolère des précipitations annuelles pouvant atteindre 3000 mm (et une saison sèche de 2 à 3 mois), mais requiert un optimum de 1200/1500mm à 2400 mm selon la littérature scientifique mondiale. L'*Arabica* quant à lui requiert selon les auteurs, un optimum allant de 1200/1800 à 2400 mm d'eau (Willson et al., 1985 ; Evangelista et al., 2002 ; Barros, et al., 2006 ; DaMatta et al., 2007 ; Meireles et al., 2007 ; Barel, 2008 ; Bart, 2008 ; Elzebroek, 2008 ; Pinard, 2008 ; Pohlen et al., 2010 ; Zullo et al., 2011 ; Andrade et al., 2012 ; de Carvalho Alves et al., 2013 ; Soto, 2013).

- 18 Selon Willson et al., 1985, les caféiers dans l'ensemble semblent nécessiter des précipitations annuelles de 1200/1500 à 3000 mm d'eau, l'Arabica requiert moins de précipitations. L'alternance de périodes sèches et de périodes de pluie est un critère important à prendre en compte pour la phénologie des caféiers.

Figure 5. Le canevas pluviométrique en Martinique. (Source : Météo-France)

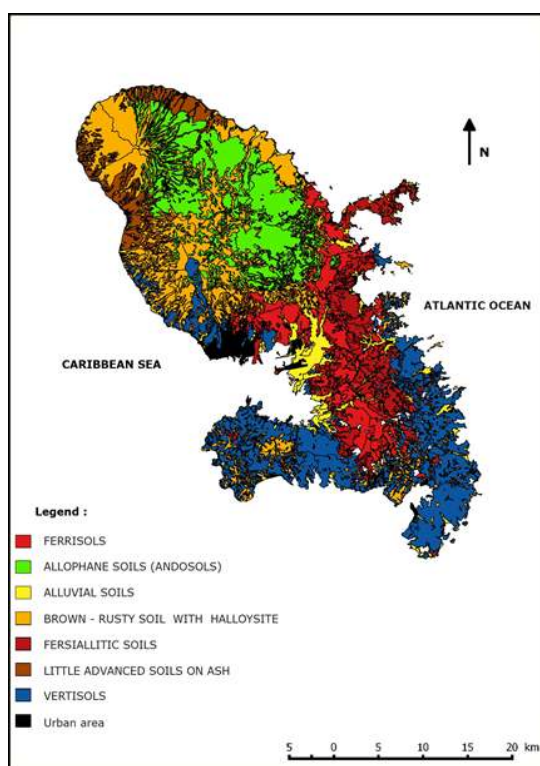


Source : Illustration tirée de : Claude, J. P. (2016). Environments Suitable for the Species of the *Coffea* genus in Martinique (The case of *Coffea Arabica* Typica Variety). International Journal of Recent Research and Review.

Les sols

- 19 La Martinique présente une grande diversité pédologique aux caractéristiques variées (Figure : 6), (Portecop, 1978 ; Atlan, 1990 ; Venkatapen, 2012). La partie nord comporte des sols issus de projections volcaniques récentes et à évolution variable, le centre et le sud de l'île se composent de sols issus de l'altération de roches de volcanisme plus ancien, et les fonds de vallée et la plaine du Lamentin se composent d'alluvions (Venkatapen, 2012).
- 20 D'une manière générale, les caféiers nécessitent des sols perméables, bien drainés et aérés, et une profondeur d'environ 1.20 mètres. Néanmoins il peut être cultivée sur des sols de profondeur, de pH et de teneurs en minéraux différentes à condition d'utiliser les engrais appropriés ou plus largement des techniques culturales appropriées (Rutunga et al., 1994 ; Tulet, 1998 ; Harorimana et al., 2007 ; Rosa, 2007 ; Pohlen et al., 2010 ; Solórzano et al., 2010 ; Chemura, 2014). Les sols peu évolués sur cendres, les vertisols et les zones urbaines constituent les sols inaptes à la culture du café (Claude, 2015).

Figure 6. Carte des sols de la Martinique.



Source : IRD

Le zonage

- 21 La méthodologie appliquée pour ce zonage du *Coffea canephora* est la même que celle appliquée précédemment pour celui du *Coffea arabica* (Jean-Philippe Claude, 2015 ; Claude, J. P., 2016). Les exigences édapho-climatiques du *C. canephora* ont été définies à l'aide de la littérature scientifique mondiale (Tableau 1). L'amplitude thermique et pluviométrique ainsi que les types de sol constituent la base du zonage pédoclimatique (Tableau 2).

Tableau 2. Base du zonage pédoclimatique du *Coffea canephora*.

	Acceptable
Températures moyennes annuelles minimales	Limite minimale de l'intervalle de tolérance thermique : 15°C (optimum 22°C)
Températures moyennes annuelles maximales	Limite maximale de l'intervalle de tolérance thermique : 30°C (optimum 26°C)
Précipitations annuelles	1200 à 3000 mm (optimum 1500 à 2400 mm)
Types de sols	Ferrisols, Andosols, Sols à alluvions, Sols Bruns-Rouille à Halloysite, Sols Fersiallitiques

- 22 Les requêtes dans le logiciel QGIS version 2.12.3 ont ainsi été faites à l'aide de l'option calculatrice raster. Pour obtenir le zonage pédoclimatique du *C. canephora* avec les valeurs les plus larges possibles du profil écologique de cette espèce (Tableau 2), la requête a été formulée de la manière suivante : $[\text{températures minimales}] \geq 15 + [\text{températures maximales}] \leq 30 + [\text{précipitations annuelles}] \leq 3000 + [\text{sols}] = 1$. La carte des sols a fait l'objet également d'une sélection afin de ne retenir que les sols considérés comme propices (Ferrisols, Andosols, Sols à alluvions, Sols Bruns-Rouille à Halloysite, Sols Fersiallitiques). Ceci a donné une carte simplifiée avec deux identifiants : 0 correspondant aux sols inaptes et 1 correspondant aux sols aptes à la culture.
- 23 On obtient alors une carte et des modélisations 3D des zones acceptables pour le *Coffea canephora* en Martinique (Figures 7 et 8). Toutefois, il est difficile de définir clairement les zones optimales pour le *Coffea canephora* au regard des conditions environnementales de l'île (tableau 2, figures 3 à 6). En effet les précipitations au nord de l'île sont trop importantes (plus de 3000 mm d'eau annuel), mais les températures maximales n'excèdent pas 26°C sur les plus hauts sommets. En revanche sur le littoral et le reste du territoire (centre et sud), les précipitations annuelles sont propices aux caféiers (1200 à 2500 mm), mais les températures maximales avoisinent les 30°C néanmoins tolérées par *C.canephora*. Par ailleurs le risque de gel est improbable au regard des températures minimales et les sols restent dans l'ensemble propices aux cultures.

Figure 7. Zonage pédoclimatique du *Coffea canephora* en Martinique.

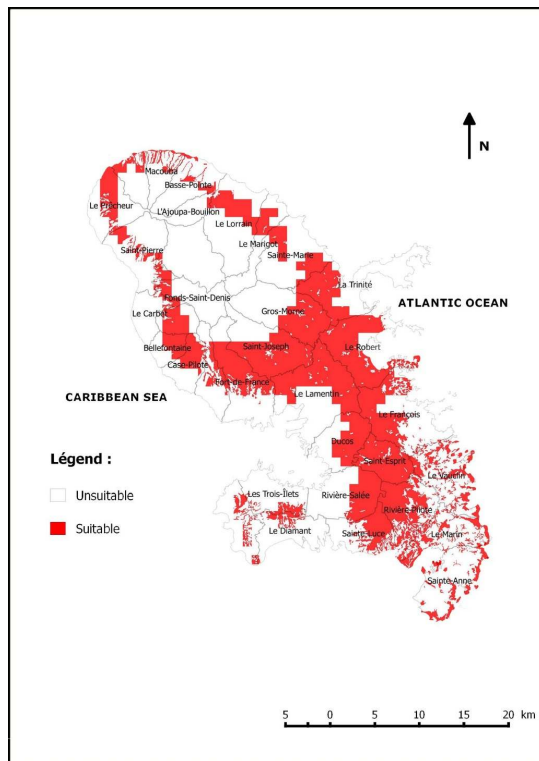


Figure 8. Modélisation 3D des Milieux propices au *Coffea canephora* en Martinique.

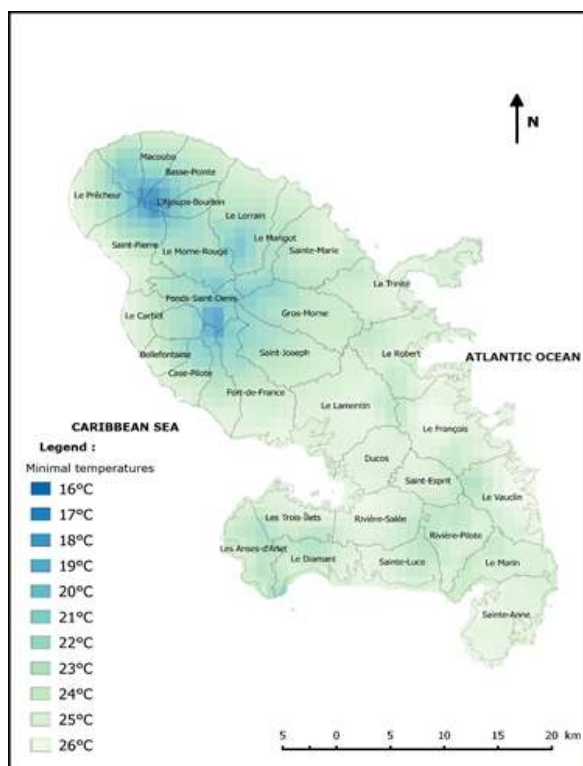
Source : Obtenu à l'aide de « Qgis2threejs » et des orthophotographies de l'IGN.

Le zonage agro-climatique pour *Coffea canephora* à l'horizon 2071-2100

Les températures

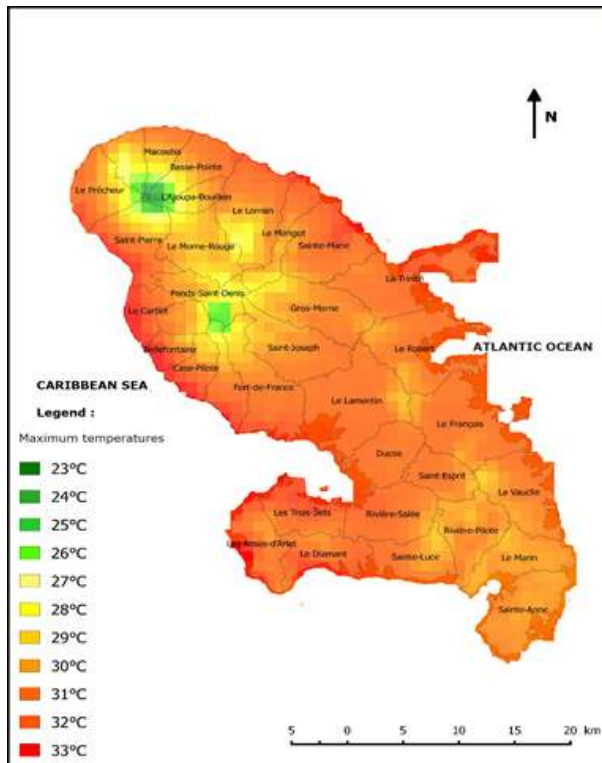
- 24 Les projections climatiques prévues pour l'horizon 2071-2100 utilisées ici proviennent de la Météorologie Nationale (Météo-France), il s'agit du scénario RCP 4.5. Les températures moyennes annuelles minimales attendues pour la fin du siècle ne passeront pas en dessous de 16°C. Le risque de gel devrait rester inexistant (Figure 9). Toutefois les températures minimales seront encore plus élevées qu'aujourd'hui pour l'ensemble du territoire (jusqu'à 26°C). Les températures minimales inférieures à 20°C seront cantonnées aux plus hauts sommets de l'île situés dans le Nord (Figures 2 et 9). Les températures moyennes annuelles maximales augmenteront sensiblement sur l'ensemble du territoire, passant de 21° à 32°C actuellement à 23° à 33°C en 2071 (Figures 4 et 9). La majorité de l'île devrait connaître des températures moyennes maximales souvent comprises entre 29° et 33°C (Figure 10). Les températures maximales qui seront mesurées sur les plus hauts sommets de l'île en 2071 débiteront à 23°C contrairement à 21°C aujourd'hui (Figure 10). Dans l'ensemble ce scénario envisage une hausse généralisée des températures pour l'ensemble de l'île et les plus hauts sommets ne seront pas épargnés. Ces gradients thermiques ne seront clairement favorables à aucune des espèces de caféiers.

Figure 9. Températures moyennes annuelles minimales (scénario RCP 4.5, 2071-2100).



Source : Météo-France. Illustration tirée de : Claude (2016). Environments Suitable for the Species of the *Coffea* genus in Martinique (The case of *Coffea Arabica* Typica Variety). International Journal of Recent Research and Review.

Figure 10: Températures moyennes annuelles maximales (scénario RCP 4.5, 2071-2100).

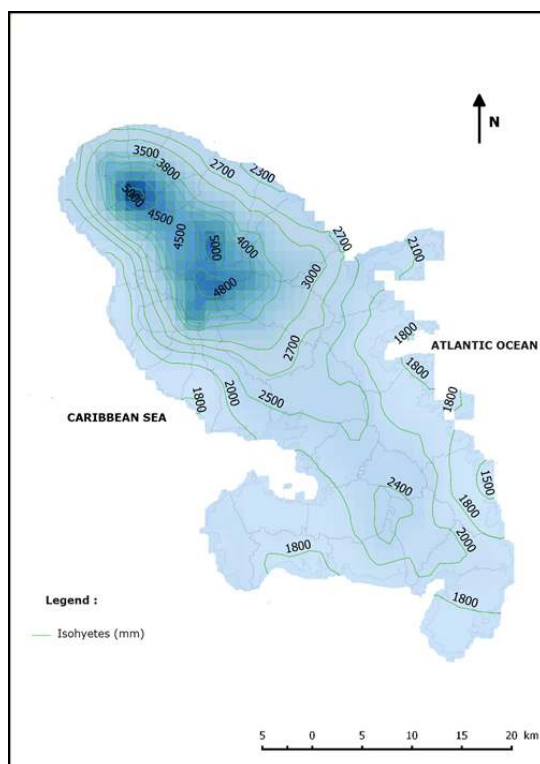


Source : Météo-France. Illustration tirée de : Claude (2016). Environments Suitable for the Species of the *Coffea* genus in Martinique (The case of *Coffea Arabica* Typica Variety). International Journal of Recent Research and Review.

Les précipitations

- 25 Les projections climatiques prévues pour l'horizon 2071-2100 (scénario RCP 4.5) de Météo-France prévoient un changement du gradient pluviométrique de l'île (Figure 11). Celui-ci varie actuellement de 1200 mm au niveau du littoral à plus de 6000 mm d'eau sur les sommets (Figure 5). Il passera à 1500 mm au niveau du littoral à plus de 5000 mm d'eau sur les sommets (Figure 11).
- 26 Ainsi les précipitations augmenteront au niveau du littoral où l'on relève les plus faibles cumuls de pluies annuelles, mais diminueront sur les plus hauts sommets. Les milieux hyper humides sont donc menacés. Néanmoins ce nouveau canevas pluviométrique qui suivra toujours le gradient altitudinal, ne représentera pas davantage un facteur contraignant pour les possibilités de culture des caféiers, contrairement aux températures.

Figure 11. Précipitations annuelles (scénario RCP 4.5, 2071-2100). (Source : Météo-France).



Le zonage

- 27 La méthodologie appliquée pour ce zonage agro-climatique du *Coffea canephora* est la même que celle appliquée précédemment pour celui du *Coffea arabica* (Claude, 2015 ; Claude, 2016). A partir du profil écologique du *C. canephora* défini dans la littérature scientifique mondiale (Tableau 1), on établit la base de notre zonage agro-climatique (Tableau 3), en fonction des températures moyennes annuelles minimales et maximales et des précipitations (Zullo et al., 2011 ; Andrade et al., 2012 ; Wollmann et al., 2013).

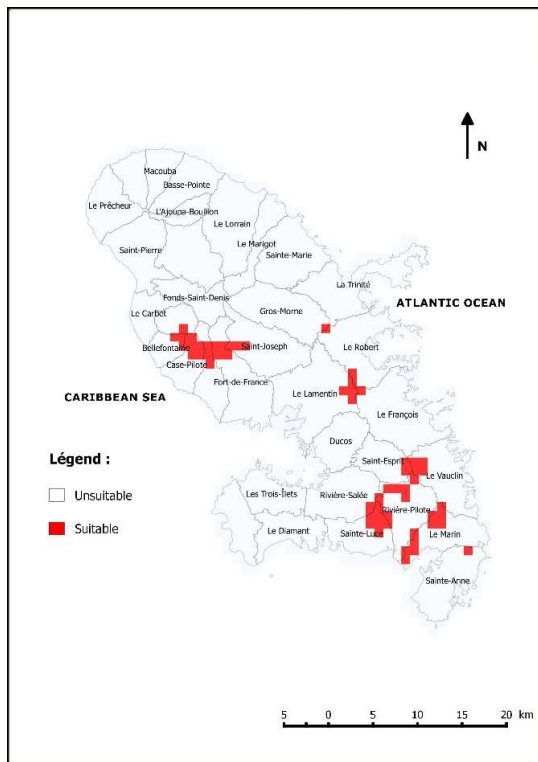
Tableau 3. Base du zonage agro-climatique pour *Coffea canephora*.

	Acceptable
Températures moyennes annuelles minimales	Limite minimale de l'intervalle de tolérance thermique : 15°C (optimum 22°C)
Températures moyennes annuelles maximales	Limite maximale de l'intervalle de tolérance thermique : 30°C (optimum 26°C)
Précipitations annuelles	1200 à 3000 mm (optimum 1500 à 2400 mm)

- 28 A l'aide du logiciel de SIG, QGIS 2.12.3, on a utilisé à nouveau la fonction « calculatrice raster » pour effectuer la requête. Pour obtenir le zonage, la requête a été formulée de la manière suivante : [températures minimales] $\geq$ 15 + [températures maximales] $\leq$ 30 +

[précipitations annuelles] ≤ 3000 . On obtient la figure 12 qui montre les zones propices, mais restreintes à l'horizon 2071-2100, pour la culture du café *Canephora*.

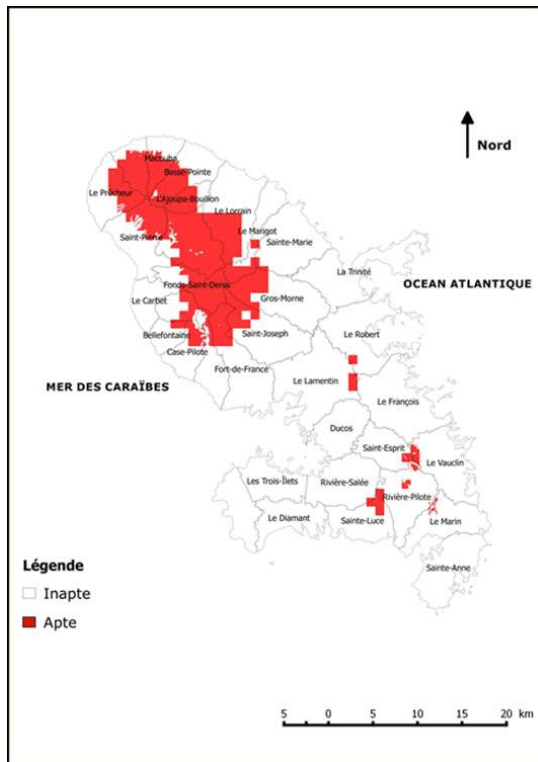
Figure 12. Zonage agro-climatique pour *Coffea canephora* en Martinique.



Discussion

- 29 Contrairement à l'*Arabica* dont le zonage pédoclimatique avait abouti à une impossibilité de production pour le futur d'un café d'excellence, les précipitations représentant un facteur limitant contraignant (Claude, 2015 ; Claude, 2016), le zonage pédoclimatique pour le *Coffea canephora* a été plus fructueux. Au regard de l'ensemble des paramètres pris en compte pour ce zonage (températures, précipitations, sols), plusieurs zones propices ont été identifiées (Figures 7 et 8). Celles-ci se situant essentiellement au centre de l'île, mais aussi au nord et au sud. Cette espèce apprécie davantage la chaleur et l'humidité, sa tolérance aux températures avoisinant les 30°C lui offre plus de possibilités d'adaptation que l'*Arabica* aux conditions environnementales de la Martinique.
- 30 Nos résultats rejoignent les descriptions faites dans la littérature scientifique mondiale indiquant que l'*Arabica* requiert de la fraîcheur et se retrouverait sur les hauteurs à des altitudes élevées, tandis que le *Canephora* apprécie la chaleur et l'humidité et se retrouve aux basses altitudes. Ainsi, si l'on compare les zones acceptables définies pour l'*Arabica* et le *Canephora* (Figure 7 et 13), on retrouve ce même schéma en Martinique.

Figure 13. Zonage pédothermique du *Coffea arabica*, à partir des températures maximales et des sols.



Source : Illustration tirée de : Claude, (2016). Environments Suitable for the Species of the *Coffea* genus in Martinique (The case of *Coffea Arabica Typica Variety*). International Journal of Recent Research and Review.

- 31 Ces zonages ont également permis de mettre en évidence les conditions environnementales particulièrement contraignantes de l'île, ayant rendu difficile l'identification des zones optimales pour la culture des espèces du genre *Coffea*. En effet les précipitations dans la partie nord de l'île sont très importantes (de 3000 mm à plus de 6000 mm d'eau annuel), tandis qu'on y retrouve les températures moyennes annuelles maximales les moins élevées (inférieures à 28°C). Le nord se définit alors comme frais et humide. En revanche la partie sud et centrale de l'île comprend des précipitations moins importantes (1200 mm à 3000 mm d'eau annuel), mais on y retrouve les températures moyennes maximales les plus élevées (supérieures à 28°C et pouvant atteindre 32°C). Le Sud pourrait se définir comme un milieu chaud et dans une moindre mesure humide. Les sols dans l'ensemble n'ont pas constitué un facteur limitant très contraignant.
- 32 Il a été également possible d'évaluer les effets plausibles des nouvelles contraintes climatiques prévues pour la Martinique à l'horizon 2071-2100 pour la culture du café. Sans surprise les prévisions des services de la Météorologie Nationale ne sont pas favorables à la culture caféière à la Martinique (scénario RCP 4.5, une des deux simulations d'Aladin-Climat pour les Petites Antilles, à une résolution de 10km), (Météo-France Antilles Guyane, D. M., 2012 ; Cantet, P., et al., 2014). En effet, ces prévisions prévoient une hausse des températures sur l'ensemble du territoire rendant impossible d'envisager la production du café Arabica à l'horizon 2071-2100 (Claude, J. P., 2016), et offrant des possibilités restreintes pour le Canephora (Figure 12).

- 33 Trois siècles après l'introduction et la culture du café à la Martinique, les résultats obtenus après l'élaboration de ces divers zonages pédoclimatiques réalisés pour le *Coffea arabica* et *canephora* nous interrogent sur l'ère caféière qu'a connu l'île. Comment expliquer que le fameux café « Martinique » ait pu être produit à partir exclusivement de grains de café Arabica, du XVIIIe au XIXe siècle, alors que nous ne retrouvons pas de zones optimales pour la culture du café Arabica ? En revanche, le *Canephora* semble plus adapté aux conditions environnementales de l'île et son aire de distribution sur le territoire est plus importante.

Conclusion

- 34 Cette étude a été menée à partir de données éco-climatiques recueillies auprès des institutions martiniquaises compétentes dans la production de données environnementales. Les limites de l'élaboration des zonages sont connues dans le monde : à savoir l'approximation ou encore la non-prise en compte des microclimats (Wollmann, C. A., et al., 2013). Les zonages réalisés pour les espèces de genre *Coffea* relèvent de la macro-écologie. Ils s'appuient sur l'utilisation des systèmes d'informations géographiques dont l'efficacité a été prouvée dans le monde.

Remerciements

- 35 Cette étude a été menée au sein du laboratoire UMR ESPACE DEV - BIORECA (Université des Antilles). Les données environnementales proviennent de Météo-France, de la DEAL Martinique, de la Collectivité Territoriale de la Martinique, de l'IRD et de l'IGN. Sincères remerciements au professeur des Universités et directeur du laboratoire BIORECA, Mr Philippe JOSEPH pour la relecture et les corrections.

BIBLIOGRAPHIE

- Aguilar, P., Ribeyre, F., Escarramán, A., Bastide, P., & Berthiot, L. (2012). Sensory profiles of coffee in the dominican republic are linked to the terroirs. *Cahiers Agricultures*, 21(2), 169-178.
- Albert, P., & Spieser, J. (1999). *Atlas climatique de la Martinique: Le temps à la Martinique* Météo-France, Direction interrégionale Antilles-Guyanne.
- Andrade, G. A., da Silva Ricce, W., Caramori, P. H., Zaro, G. C., & de Conti Medina, C. (2012). Zoneamento agroclimático de café robusta no estado do paran  e impactos das mudanças climáticas agroclimatic zoning of robusta coffee in the state of paraná and impacts of climate change. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, 33(4), 1381-1390.
- Atlan, Y. (1990). Contribution   l'étude géotechnique des sols volcaniques tropicaux exemple de la Martinique. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology-Bulletin De l'Association Internationale De Géologie De l'Ingénieur*, 41(1), 17-26.

- Barel, M. (2008). *Café: De la cerise à la tasse* Ed. Techniques Ingénieur.
- Barros, M. A., Moreira, M. A., & Rudorff, B. F. T. (2006). Geotecnologias como contribuição ao estudo do agroecossistema cafeeiro de minas gerais em nível municipal. *Geotecnologias Como Contribuição Ao Estudo do Agroecossistema Cafeeiro De Minas Gerais Em Nível Municipal*,
- Bart, F. (2007). Café des montagnes, café des plaines. *Etudes Rurales*, (2), 35-48.
- Bennett, B. C., & Prance, G. T. (2000). Introduced plants in the indigenous pharmacopoeia of northern south america. *Economic Botany*, 54(1), 90-102.
- Cantet, P., Déqué, M., Palany, P., & Maridet, J. (2014). The importance of using a high-resolution model to study the climate change on small islands: The lesser antilles case. *Tellus A*, 66
- Chemura, A. (2014). The growth response of coffee (*coffea arabica* L) plants to organic manure, inorganic fertilizers and integrated soil fertility management under different irrigation water supply levels. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 3(2), 1-9.
- Claude, JP. (2016). Environments suitable for the species of the coffeagenus in martinique (the case of *coffea arabica typica* variety). *International Journal of Recent Research and Review*,
- Claude, JP., Baillard, K., Ely-Marius, S., & Jean-Francois, Y. (2017). Contribution to the knowledge of the rubiaceae of the lesser antilles: Martinique's case. *Journal of Advances in Biology*, 9(4), 1976-1993.
- DaMatta, F. M., Ronchi, C. P., Maestri, M., & Barros, R. S. (2007). Ecophysiology of coffee growth and production. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(4), 485-510.
- d'Aulnay, G. C. (1832). *Monographie du café, ou manuel de l'amateur de café* Chez Delaunay.
- de Carvalho Alves, M., da Silva, F. M., Sanches, L., & de Carvalho, L. G. (2013). Geospatial analysis of ecological vulnerability of coffee agroecosystems in brazil. *Applied Geomatics*, 5(2), 87-97.
- de Medeiros, R. M., de Azevedo, P. V., Saboya, L. M. F., & Francisco, P. R. M. (2013). Classificação climática e zoneamento agroclimático para o município de Amarante-PI-DOI: 10.7127/rbai.v7n200011. *Revista Brasileira De Agricultura Irrigada-Rbai*, 7(2), 170-180.
- Du Bois, L. (1855). *Notice sur le chevalier de clieu, et bibliographie du café* Gost-Clerisse.
- Elzebroek, A. T. G. (2008). *Guide to cultivated plants* CABI.
- Evangelista, A. W., Carvalho, L. G., & Sediya, G. C. (2002). Zoneamento climático associado ao potencial produtivo da cultura do café no estado de minas gerais. *Revista Brasileira De Engenharia Agrícola e Ambiental*,
- Fournet, J. (2002). Flore illustree des phanerogames de guadeloupe et de Martinique. nouv. ed. rev. et augm. *Tartane, Trinite: Gondwana 2v.(2538p.)-Illus..Fr Icones, Anatomy and Morphology, Keys.Geog*, 4
- Gomez, C. (2009). Etude de l'hybridation inter-spécifique entre espèces du genre *coffea* en nouvelle-calédonie: Distribution des niches favorables et structuration de la diversité. *Diss.Université De La Nouvelle-Calédonie*,
- Hardy, M. (2014). *Le Monde Du Café à La Martinique Du Début Du XVIIIe Siècle Aux Années 1860*,
- Harorimana, D., Harebamungu, M., & Bizimana, J. (2007). *Le café et les caféiculteurs au rwanda: Cas du district de maraba,(butare) dans la province du sud* Editions Publibook.
- Jeanguyot, M., Séguier-Guis, M., & Duris, D. (2003). *Terres de café* Editions Quae.

- Jean-Philippe, C. (2015). Analyses et spatialisation des milieux propres aux espèces de genre *coffea* en Martinique : Cas du *coffea arabica* var. *typica*. géographie. . <dumas-01265034>.
- JOSEPH, P. (2006). Les petites antilles face aux risques d'invasion par les espèces végétales introduites. L'exemple de la Martinique. *Revue d'Écologie*, 61(3), 209-224.
- Joseph, P. (2009). *La végétation forestière des petites antilles: Synthèse biogéographique et écologique, bilan et perspectives* KARTHALA Editions.
- Kricher, J. C. (1999). *A neotropical companion: An introduction to the animals, plants, and ecosystems of the new world tropics* Princeton University Press.
- Lamah, D. (2013). *L'Insertion De La Caféiculture Dans Les Structures De Production En Guinée Forestière*.
- Leroy, T., Ribeyre, F., Bertrand, B., Charmetant, P., Dufour, M., Montagnon, C., et al. (2006). Genetics of coffee quality. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18(1), 229-242.
- Maunder, M., Abdo, M., Berazain, R., Clubbe, C., Jiménez, F., Leiva, A., et al. (2011). The plants of the caribbean islands: A review of the biogeography, diversity and conservation of a storm-battered biodiversity hotspot. *The Biology of Island Floras*. Cambridge University Press, London, , 154-178.
- Meireles, E., Volpato, M., Alves, H., & Vieira, T. (2007). Zoneamento agroclimático: Um estudo de caso para o café. *Informe Agropecuário, Belo Horizonte*, 28(241), 50-57.
- Météo-France Antilles Guyane, D. M. (2012). Projection climatique régionalisée en Martinique. . *Rapport Disponible à La Demande*.
- Petek, Marcos Rafael Embrapa Soja, Sera, T., & Fonseca, Inês Cristina de Batista. (2009). Exigências climáticas para o desenvolvimento e maturação dos frutos de cultivares de *coffea arabica*. *Bragantia*,
- Pinard, F. (2008). Sur les chemins des caféiers. *Etudes Rurales*, 180(2), 15.
- Pinto, H. S., ZULLO JUNIOR, J., Assad, E. D., Brunini, O., Alfonsi, R. R., & Coral, G. (2001). Zoneamento de riscos climáticos para a cafeicultura do estado de são paulo. *Revista Brasileira De Agrometeorologia*, 9(03), 495-500.
- Pohlan, H. A. J., & Janssens, M. J. (2010). Growth and production of coffee. *Soils, Plant Growth and Crop Production-Volume III*, , 101.
- Portecop, J. (1978). Phytogéographie, cartographie écologique et aménagement dans une île tropicale. le cas de la Martinique. *Grenoble, France*, 377
- Puerta, G. (1998). Calidad en taza de las variedades de *coffea arabica* L cultivadas en colombia.
- ROSA, V. (2007). Modelo agrometeorológico-espectral para monitoramento e estimativa da produtividade do café na região Sul/Sudoeste do estado de minas gerais. *Modelo Agrometeorológico-Espectral Para Monitoramento e Estimativa Da Produtividade do Café Na Região Sul/Sudoeste do Estado De Minas Gerais*,
- Rutunga, V., KavamahangaT, F., & Nsengimana, C. Synthèse des résultats de recherche sur l'agronomie du caféier *arabica* (*coffea arabica* L.) au rwanda. *Dggi*, , 130.
- Santos, L. D. P., & Hernández, J. E. S. (2014). Elaboración de un SIG orientado a la zonificación agroecológica de los cultivos. *Ingeniería Agrícola*, 4(3), 28-32.
- Solórzano, N., & Querales, D. (2010). Crecimiento y desarrollo del café (*coffea arabica*) bajo la sombra de cinco especies arbóreas. *Revista Forestal Latinoamericana*, 25(1), 61-80.

- Soto, F. (2013). La zonificación agroecológica del *coffea arabica* L. en cuba. macizos montañosos sierra maestra y guamuhaya. . *Cultivos Tropicales.*, 23(1), 35-44.
- Tulet, J. (1998). Le « meilleur café du monde ». *Caravelle* (1988-), , 75-92.
- Venkatapen, C. (2012). *Étude Des Déterminants Géographiques Et Spatialisation Des Stocks De Carbone Des Sols De La Martinique*,
- Willson, K., & CF Clifford, M. (1985). *World Coffee tradeCoffee: Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage*,
- Wollmann, C. A., & Galvani, E. (2013). Zoneamento agroclimático: Linhas de pesquisa e caracterização teórica-conceitual. *Revista Sociedade & Natureza, Uberlândia*, 25(1)
- Zullo, J., Pinto, H. S., Assad, E. D., Maria, A., & de Ávila, H. (2011). Potential for growing arabica coffee in the extreme south of brazil in a warmer world. *Climatic Change*, 109(3-4), 535.

NOTES

1. IRD : Institut de Recherche pour le Développement (France)/ IGN : Institut Géographique National(France)/Météo-France : Organisme français de météorologie/ DEAL : Direction de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement/ CTM : Collectivité Territoriale de la Martinique.
2. Puisqu'aujourd'hui, il n'y a plus de plantations de café sur l'île.
3. IRD : Institut de Recherche pour le Développement (France)
4. DEAL : Direction de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement.
5. IGN : Institut Géographique national (France)

RÉSUMÉS

Pionnière pour la culture du café dans la Caraïbe dès 1720, connue pour son légendaire café Arabica, la Martinique n'a plus aucune filière caféière depuis le XIXe siècle. Afin de relancer la culture, un système d'information géographique (SIG) avait été élaboré pour effectuer un zonage pédoclimatique et retrouver les milieux propices au *Coffea arabica*. Le zonage a abouti à une impossibilité de production pour le futur d'un café Arabica d'excellence, les précipitations représentant un facteur limitant important. La présence sur l'île d'une autre espèce exogène du genre *Coffea* très cultivée dans le monde (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner), et l'ère caféière significative qu'aurait connue la Martinique ont justifié l'élaboration d'un nouveau zonage pédoclimatique. Les exigences édapho-climatiques du *C. canephora* ont alors été définies à l'aide de la littérature scientifique mondiale. Les données numériques (isohyètes, isothermes, géomorphologie) proviennent des mêmes institutions martiniquaises ayant compétences dans la production de données environnementales (IRD, IGN, Météo-France, DEAL Martinique, CTM)¹. Ces données ont été traitées avec un logiciel de SIG : QGIS version 2.12.3. Le zonage pédoclimatique du *Coffea canephora* a révélé plusieurs zones propices pour sa culture contrairement à l'Arabica. A partir des prévisions des services de la Météorologie Nationale pour l'horizon 2071-2100, nous avons effectué un zonage aboutissant à une possibilité restreinte de production de ce café pour

les années futures. Ces zonages ont montré les contraintes des conditions environnementales de la Martinique pour la culture caféière.

INDEX

Mots-clés : Martinique, *Coffea canephora*, exigences édapho-climatiques, SIG, zonage pédoclimatique, zonage agro-climatique, changement climatique

AUTEUR

JEAN-PHILIPPE CLAUDE

Doctorant en macro-écologie et botanique appliquée, UMR ESPACE DEV-BIORECA, Biodiversités Risques Écologiques en Territoires Insulaires Caraïbes, Université des Antilles