HAL
open science

Adaptation d'indicateur I-Phy arbo dans les verges des agrumes à la region nord-ouest du Paraná (Brésil)

Regina Zandonade, Christian Bockstaller, Chantal Rabolin

To cite this version:

Regina Zandonade, Christian Bockstaller, Chantal Rabolin. Adaptation d'indicateur I-Phy arbo dans les verges des agrumes à la region nord-ouest du Paraná (Brésil). Sciences de l'environnement. 2016. hal-02910832

HAL Id: hal-02910832

https://hal.inrae.fr/hal-02910832

Submitted on 3 Aug 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Rapport de stage

Mobilité Academique

Adaptation d'indicateur I-Phy arbo dans les verges des agrumes à la region nord-ouest du Paraná (Brésil)

Stage effectué du 09/06/2016 au 29/07/2016

Au centre INRA de Colmar

Réalisé para Regina Mayumi ZANDONADE

Maître de stage:

Chantal RABOLIN

INRA – Centre Colmar

Sommaire

1. Indroduction
2. Présentation de la structure d'accueil
3. Les outils d'évaluation
   3.1 L'évaluation en milieu agricole
      3.1.1 À l'échelle de la parcelle
      3.1.2 À l'échelle de l'exploitation
   3.2 Adaptation à une culture perenne
      3.2.1 Choix des paramêtres
   3.3 Questions de recherche
      3.3.1 Pourquoi cette évaluation ?
   3.4 Adaptation à une autre zone géographie
      3.4.1 Les données météo
      3.4.2 Les types de sols
      3.4.3 La courbe de croissance de *Citrus*
      3.4.4 Les phytosanitaires recommandés pour le *Citrus*
4. Discussions
   4.1 Intérêt de l'étude
   4.2 Méthodolgie
   4.3 Analyses des résultats
      4.3.1 Autres pratiques
      4.3.2 Climat
      4.3.3 Sol
5. Conclusions et perspectives
   5.1 Projet de travail au Brésil
   5.2 Intérêts de la méthode
   5.3 Perpectives
   5.4 Avis personnel
6. Bibliographie

1. Introduction

L'agrumiculture est un secteur hautement organisé et compétitif, il est caractérisé comme l'un des plus importante de l'agro-industrie. La production mondiale d'agrumes est d'environ 102 millions de tonnes par an, provenant d'une superficie étendue, avec environ 102 millions d'hectares (Mattos et al., 2009).

Le Brésil est le leader mondial de la production d'agrumes, principalement par la création d'emplois directs et indirects dans le secteur rural, ce qui contribue à la balance commerciale du Brésil et la croissance socio-économique (Lopes et al., 2011). Le pays est le premier producteur et exportateur de jus d'orange concentré, ce qui représente 77% des exportations mondiales de ce type de jus, suivi par le Mexique et les États-Unis (USDA, 2015). Les régions brésiliennes qui contribuent le plus à cette production intérieure élevée sont: le Sud-Est, le Nord et le Sud (IBGE, 2013). Seulement dans l'état de São Paulo est concentré environ 85% de la production nationale d'oranges, puis viens Bahia et Minas Gerais (Lopes et al, 2011;. IBGE, 2013). Le Paraná est le cinquième plus grand producteur national, produisant environ 700 tonnes (IBGE, 2013).

Malgré les taux élevés de production, l'industrie des agrumes est soumise à diverses maladies, et elles contribuent à une baisse de la production et de la qualité des fruits (Silva et al., 2014). Il existe un large échelle d'utilisation de produits à base de cuivre pour controler les maladies causées par les bactéries.

Le cuivre agit de manière à protéger les infections des tissus de la plante et la réduction de la population bactérienne à la surface des feuilles. Toutefois, cette pratique a une efficacité partielle dans des conditions très favorables à la maladie. Donc, pour obtenir un contrôle adéquat de la maladie souvent plusieurs applications du produit sont nécessaires (Graham, 2001; Leite Jr et al, 1987;. STALL et al., 1980). L'utilisation continue de bactéricides cuivriques peut aussi conduire à l'accumulation de ce métal lourd dans le sol, et provoquer de la phytotoxicité dans les plantes avec un risque de sélectionner des populations résistantes au produit (Behlau et al., 2012), en plus des effets environnementaux négatifs (ALVA et al, 1995;. Andreazza et al, 2013).

Le concept de développement durable est un processus dynamique entre l'économie, l'environnement, le social et le culturel, l'union de ces quatre piliers est la durabilité, et la gouvernance pour soutenir toutes les autres (Bockstaller et. al, 2015).

Pour avoir une agriculture durable, il est necessaire qu'elle contribue au développement durable. Elle doit être l'union de pratiques qui dans un système de production qui permettra la préservation des écosystèmes, améliorera la qualité de vie et répondrera aux besoins de la population (Bockstaller et. al, 2015).

Afin d'évaluer les différentes pratiques et connaître les respectives sur les impacts environnementaux, un certain nombre de méthodes, qui reposent sur l'évaluation des indicateurs, ont été développés (Boullenger, 2007; Feschet et Bockstaller, 2014).

Les méthodes ont différentes finalités, niveaux d'évaluation, dimensions du développement et productions, voici quelques méthodes: MASC, IDEA, ACVS, Ovali, ADAMA, INDIGO, Arbre, etc. (Bockstaller et. al, 2015; Reau et Doré, 2008).

Pour une exploitation, c'est possible utiliser la méthode IDEA, sa finalité vise à intégrer plusieurs indicateurs de différentes niveaux (sociale, economique, environnementale) à évoqués pour représenter une évaluation et pouvoir effectuer des prises de décision. Elle travaille sur trois échelles, agro-écologyque, socio-territoriale et économique, chaque échelle a des indicateurs et chaque indicateur a une note chiffrée attribué. Après l'analyse de valeurs des indicateurs, vous pouvez

discerner les points forts et faibles du système (l'exploitation et son l'environnement), en indiquant les interdépendances entre ses composantes (Briquel et al., 2001).

Un autre exemple de méthode, mais pour évaluer une parcelle du système de culture, est la méthode MASC qui consiste en une évaluation multicritère pour estime la contribution des systèmes de grandes cultures au développement durable. Elle permet de juger la performance global, à partir de ses indicateurs, classifier et après identifier les points faibles qui peuvent être améliorer (Bockstaller et. al, 2015 ; Sadok et al., 2009).

Il existe aussi, la méthode INDIGO, qu'elle a été développée pour évaluer les impacts environnementaux des systèmes de production (grandes cultures, polyculture-élevage, élevage et vigne) à travers de huit indicateurs, ceux-ci sont : assolement (I_{AS}), sucession culturale (I_{SC}), matière organique (I_{MO}), phosphore (I_P), azote (I_N), produits phytossanitaires (I-Phy), irrigation (I_{IRRIG}) et energie (I_{EN}). Le niveau d'évaluation est sur les parcelles, comme MASC, mais il utilise la dimension environnementale (PLAGE, 2016; Bockstaller et. al, 2015; Bockstaller et Girardin, 2008).

L'indicateur de produits phytossanitaires (I-Phy) calcul l'impact environnementale des pratiques agricoles sur la parcelle. Il établir le diagnostic annuel des pratiques et la possibilité de simulations pour améliorer les programmes prévus de traitement (Bockstaller et Girardin, 2008; Devillers et al., 2005).

L'objectif du présent texte est d'évaluer une adaptation possible de l'indicateur I-PHY de la méthode INDIGO pour les verges d'agrumes situés au nord-ouest de l'état du Paraná, en région sud du Brésil.

2. Présentation de la structure d'accueil

L'équipe de Agricultura Durable est une unité mixte de recherche entre INRA et Ensaia (Université de Lorraine), les deux pôles sont localisé dans les villes de Colmar et Nancy. L'animateur d'équipe est Monsieur Christian Bockstaler, il est soutenu par les enseignants-cherchers, les ingénieurs, les techniciens, doctorants, postdoctorants, contractuels et stagiaires. Il existe aussi la collaboration de l'Association pour la Relance Agronomique en Alsace (ARAA).

Actuelement, le projet de l'équipe se concentre sur la thématique de l'impact des systèmes de culture et des systèmes techniques fourrageurs sur la biodiversité et ses services (régulation des ravageurs, pollinisation, production fourragère, conservation d'espèces patrimoniales, etc).

Les principaux outils de l'équipe sont : Flora-sys (il permet de gérer des relevés floristiques réalisés en prairies permanentes et d'obtenir une caractérisation agronomique sur la prairie); INDIGO Arboriculture (8 indicateurs qui permet d'évaluer l'exploitation); INDIGO Grandes Cultures (8 indicateurs qui permet d'évaluer l'exploitation); INDIGO Viticulture (5 indicateurs qui permet d'évaluer l'exploitation) et Phyto Choix (aide au choix de pesticides dans la viticulture).

3. Les outils d'évaluation

3.1 L'évaluation en milieu agricole

La méthode INDIGO, développée à l'INRA de Colmar, est utilisé pour le diagnostic agri-environnementale, l'évaluation *ex ante* de système de culture (grandes cultures, polyculture-élevage, élevage et vigne) et elle permet d'améliorer *a priori* ou *a posteriori* les pratiques agricoles à travers l'analyse fine des pratiques que la méthode utilise. La collecte de données est faite sur la parcelle, mais la restitution des résultats peuvent être faite sur la parcelle et sur l'exploitation (PLAGE, 2016; Bockstaller et. al, 2015; Reau et Doré, 2008).

Les huit indicateurs qui constitue l'INDIGO sont (Bockstaller et Girardin, 2008):

a) Assolement (I_{AS}) : Évaluer l'impact de l'assolement sur la biodiversité et sur le paysage;
b) Succession culturale (I_{SC}) : Évaluer les impacts indirects/ effets de la succession culturale (rotation de cultures);
c) Matière organique (I_{MO}) : Évaluer l'impact des pratiques culturales, comme travail du sol, succession, amendements organiques, sur la qualité chimique du sol;
d) Phosphore (I_P) : Évaluer l'impact de fertilisation avec phosphore sur la partie chimique du sol et sur l'économie des ressources non renouvelables de phosphore;
e) Azote (I_N) : Évaluer les risques potentiels des pratiques agricoles sur la qualité de l'air, le sol, la biodiversité et les eaux souterraines;
f) Produits phytosanitaires (I-Phy) : Évaluer les impacts environnementaux de différents pesticides sur la parcelle;
g) Irrigation (I_{IRRIG}) : Evaluer l'impact de pratiques d'irrigation sur la qualité des qu souterraines et/ou ressource de l'eau disponible;
h) Énergie (I_{En}) : Évaluer l'impact de la consommation d'énergie direct (machine et irrigation) et indirect (engrais et phytosanitaires) sur l'environnement.

3.1.1 À l'échelle de la parcelle

L'indicateur des produits phytosanitaires (I-phy) a comme objectifs de : évaluer le risque potentiel de l'application de produits phytosanitaires sur la parcelle, et aider l'agriculteur et/ou les conseillers à choix de produits et pratiques d'applications pour diminuer les impacts environnementales. Cet indicateur permet calculé sur la parcelle, la quantité de substance active et de comparer les différents traitements, et faire un diagnostic annuel et d'effectuer des simulations par minimiser implications sur la nature (Bockstaller et Girardin, 2008; Devillers et al., 2005; Barriuso, 2004).

I-Phy est un indicateur composite qui travail avec plusiers variables. Elles sont divisée en 4 risques : le risque des eaux souterraines, le risque des eaux de surface, le risque d'air et le risque de la dose. Pour l'I-Phy arbo, il y a aussi l'évaluation du risque pour auxiliaires et faune utile (Bockstaller et Girardin, 2008; Barriuso, 2004; Griffith et Girardin, 2003).

3.1.2 À l'échelle de l'exploitation

En opposition au dernier, l'indicateur énergie va évaluer l'exploitation dans son ensemble, parce que son valeur est la moyenne pondérée des parcellaires. Il estime la consommation d'énergie résultat de la somme d'énergie direct (des machines et l'irrigation) et indirect (entrant dans la production des produits phytosanitaires et les engrais) (Bockstaller et Girardin, 2008).

3.2 Adaptation à une culture perenne

Contrairement à la culture annuelle qui a son cycle de vie d'environ un an, le cycle de vie de la culture pérenne est de plusieurs années. Dans le cas des agrumes, la vie peut être jusqu'à 20 ans, en fonction de la gestion des sols et des ravageurs agricoles (insectes et maladies). Nous pouvons dire que le flux de croissance sera différent entre les deux.

3.3 Questions de recherche

3.3.1 Pour quoi cette évaluation ?

Pour la gestion d'une de principaux malaies d'um verger des agrumes, le chancre bactérien (*Xanthomonas citri* subsp. citri), s'utiliser l'application de produit phytosanitaire à base de cuivre comme méthode de prévention. Mais le problem de ces applications de Cu est son impact negatif sur l'environnement. Em doses non-contrôlées, nous pouvons contaminer le sol et les nappes freátiques à travers de la lixiviation des pesticides.

Grâce à cette méthode d'évaluation INDIGO, il est possible d'évaluer l'impact de ces produits sur l'environnement à l'aide de son indicateur I-Phy, qui évalue les parcelles avec des traitements différents. Il nous donne un diagnostic de la zone et ensuite c'est possible faire une simulation de la façon dont nous pouvons remplacer le produit plus polluante par d'autre qui ont le même effet sur la maladie, mais moins d'influence négative sur l'environnement.

3.4 Adaptation à une autre zone géographique

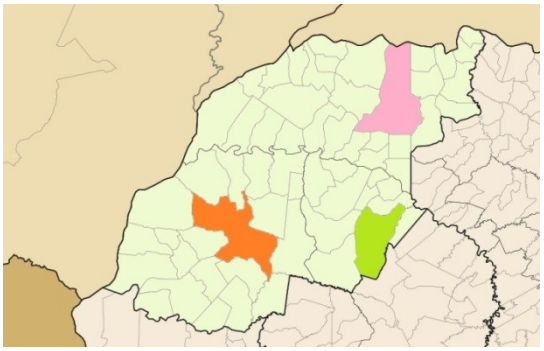
L'état du Paraná est localisée sur la région sud du Brésil, la grande marjorité de la surface est sur l'aquifère Guarani. La production des agrumes se concentre sur la partie nord-ouest d'état qui est connu comme région Caiuá à cause de la formation géologique (grès Caiuá), les conditions climatiques, selon la classification de Köppen, sont concernant à Cfa (climat tempéré chaud sans saison sèche avec l'été chaud)(IAPAR, 2016[(1)] ; Fonseca et Czuy, 2005).

Pour se situer au mieux, voici la carte d´état du Paraná avec la région nord-ouest en vert.

(source : Wikipedia https://pt.wikipedia.org/wiki/Paraná, image modifiée)

3.4.1 Les données météo

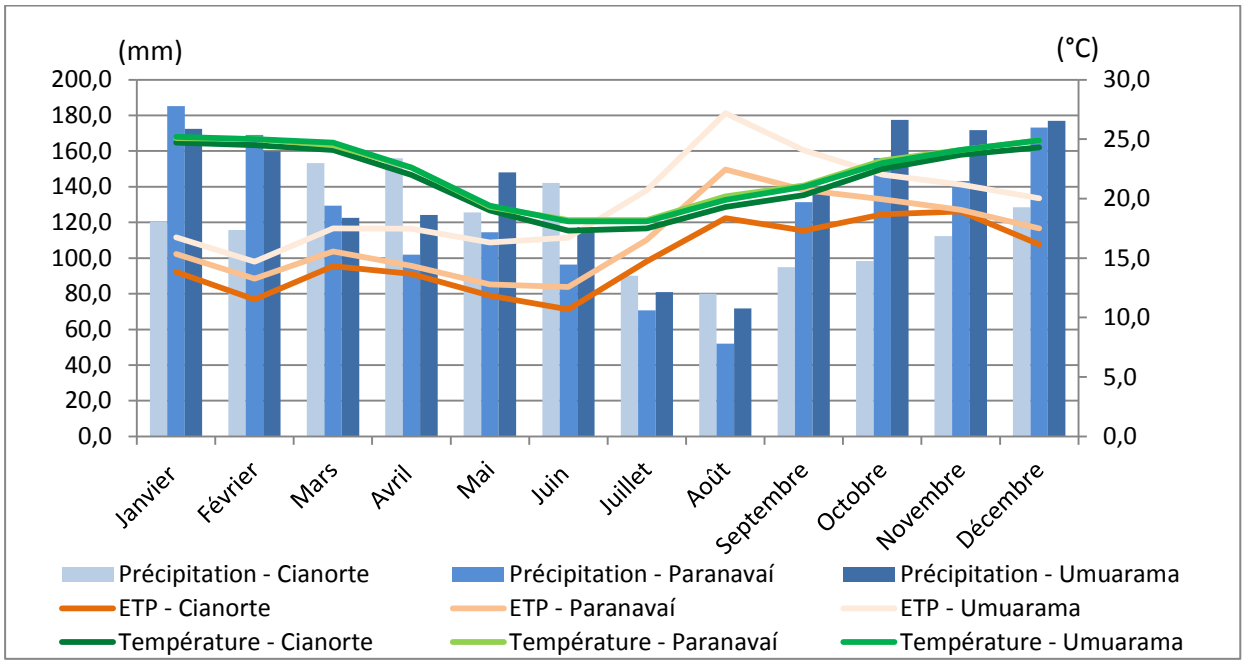
Dans cette région il existe trois stations météorologiques d'Institut Agronomique du Paraná (IAPAR), un en chaque ville : Paranavaí (rose), Umuarama (orange) et Cianorte (vert).



(source : Wikipedia https://pt.wikipedia.org/wiki/Paraná, image modifiée)

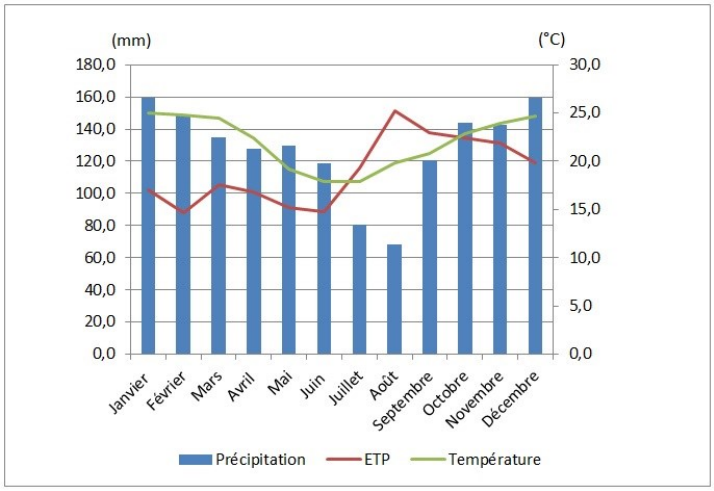
Les moyennes historiques de ETP, température, précipitation et humidité relative sont montrés dans le tableau et graphique suivant avec les mêmes données, sauf humidité relative (IAPAR[2], 2016).

	Ville	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre		
Precipitation (mm)	Cianorte	120,4	115,8	153,2	156,0	125,6	142,2	90,0	80,0	95,0	98,4	112,3	128,5	1678,0	Annuel
	Paranavaí	185,2	169,0	129,4	102,0	114,5	96,4	70,6	52,1	131,4	156,1	143,2	173,1	1523,0	
	Umuarama	172,4	159,9	122,6	124,2	148,0	117,4	80,9	71,7	136,3	177,5	171,8	177,0	1660,0	
ETP (mm)	Cianorte	92,2	76,8	95,5	91,1	79,0	71,2	98,2	122,3	115,3	124,5	126,2	107,7	1200,0	
	Paranavaí	102,3	88,5	103,7	95,7	85,3	83,8	110,1	149,6	138,1	133,0	127,1	116,6	1334,0	
	Umuarama	111,6	98,0	116,6	116,4	108,8	111,5	138,0	181,3	160,5	146,8	141,3	133,6	1564,0	
Température (°C)	Cianorte	24,7	24,5	24,1	22,0	19,0	17,3	17,5	19,3	20,3	22,5	23,7	24,3	21,6	Moyenne mensuel
	Paranavaí	25,1	25,0	24,5	22,6	19,3	18,2	18,2	20,2	21,1	23,2	24,1	24,9	22,2	
	Umuarama	25,2	25,0	24,7	22,6	19,4	18,1	18,1	19,9	21,0	23,0	24,1	24,9	22,2	
UR (%)	Cianorte	75,0	76,0	72,0	71,0	73,0	74,0	67,0	62,0	65,0	66,0	65,0	71,0	69,8	
	Paranavaí	74,0	75,0	72,0	71,0	73,0	72,0	66,0	59,0	63,0	66,0	67,0	71,0	69,1	
	Umuarama	72,0	73,0	70,0	68,0	71,0	70,0	65,0	59,0	62,0	65,0	65,0	71,0	67,6	



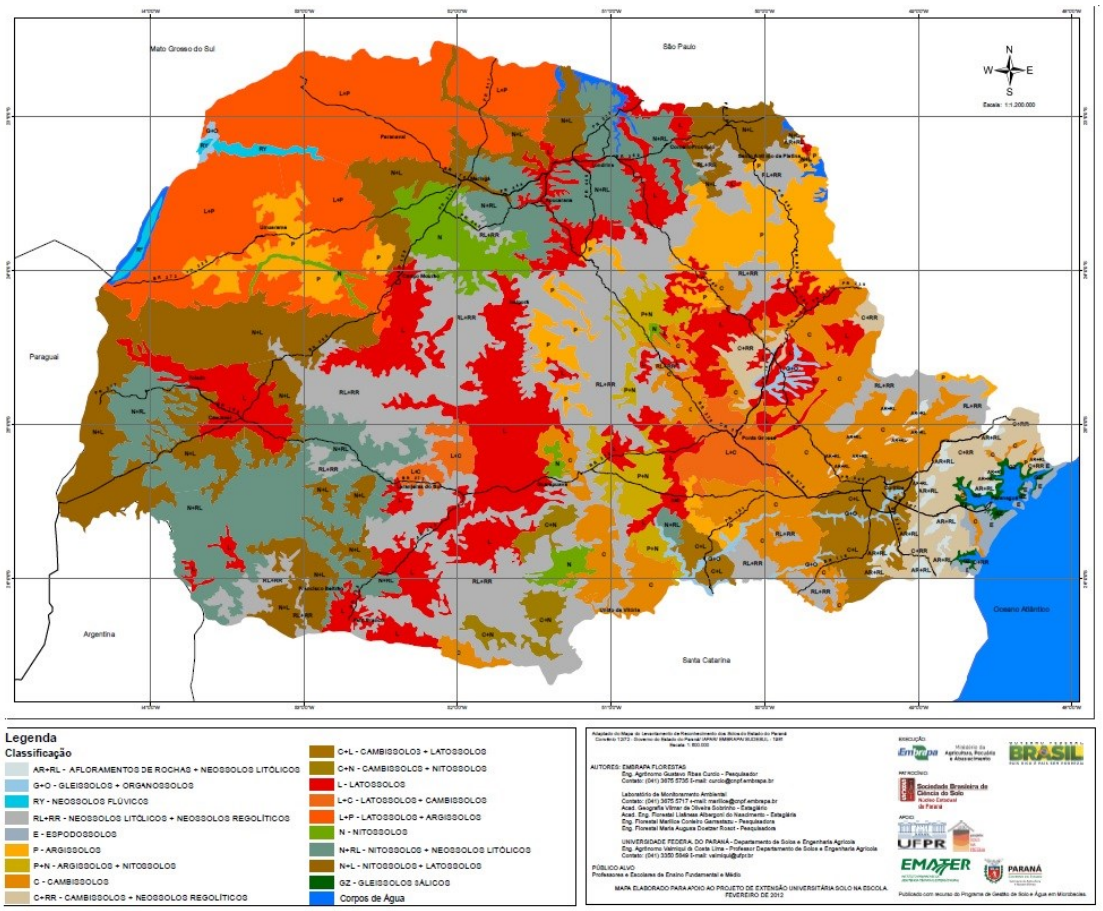
A partir de ces données est possible faire les moyennes de la région (IAPAR[2], 2016):

Moyenne	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre		
Precipitation (mm)	159,3	148,2	135,1	127,4	129,4	118,7	80,5	67,9	120,9	144,0	142,4	159,5	1533,4	Annuel
ETP (mm)	102,0	87,8	105,3	101,1	91,0	88,8	115,4	151,1	138,0	134,8	131,5	119,3	1366,1	
Température (°C)	25,0	24,8	24,4	22,4	19,2	17,9	17,9	19,8	20,8	22,9	24,0	24,7	22,0	Moyenne mensuel
UR (%)	73,7	74,7	71,3	70,0	72,3	72,0	66,0	60,0	63,3	65,7	65,7	71,0	68,8	



3.4.2 Les types de sol

L'état du Paraná a différents type de sol, comme la carte suivant nous montre (EMBRAPA, 2012):



À partir de la carte, nous pouvons dire que la composition du sol de la région est formée par (la nomenclature suivant selon la FAO, 1998) : Cambisol + Nitosol, Acrisol/Alisol/Lixisol, Ferralsol + Acrisol/Alisol/Lixisol, Nitosol, Fluvisol, Ferralsol, Nitosol + Acrisol/Alisol/Lixisol, Lithic Leptosol + Arenosol, mais la grande marjorité par Ferralsol, Acrisol/Alisol/Lixisol et Nitosol.

Dans la ville de Paranavaí, il y a une ferme expérimentale d'IAPAR située sur l'argisol rouge dystrophie. Les quantités de sable, argile et limon sur la profondeur entre 0 et 25 cm, sont respectivement, 910 g/Kg, 80 g/Kg et 10 g/Kg (Stenzel et al., 2005).

3.4.3 La courbe de croissance de *Citrus*

Les températures peuvent influencer sur la croissance, normalement quand ils sont environ 13 °C, la croissance végétative est cessé. Avec l'augmentation de la température, l'activité métabolique va augmenter aussi jusqu'à 30 °C (la croissance maximale). La pluviométrie est également importante, parce que la basse disponibilité hydrique va influencer négativement sur le développement des racines et la conopée. Mais en rappelant que la déficit hydrique et la baisse température sont fateurs pour la floraison (Ramos et al., 2010; Crisóstomo et Naumov, 2009 ; Mattos Jr. et al., 2005).

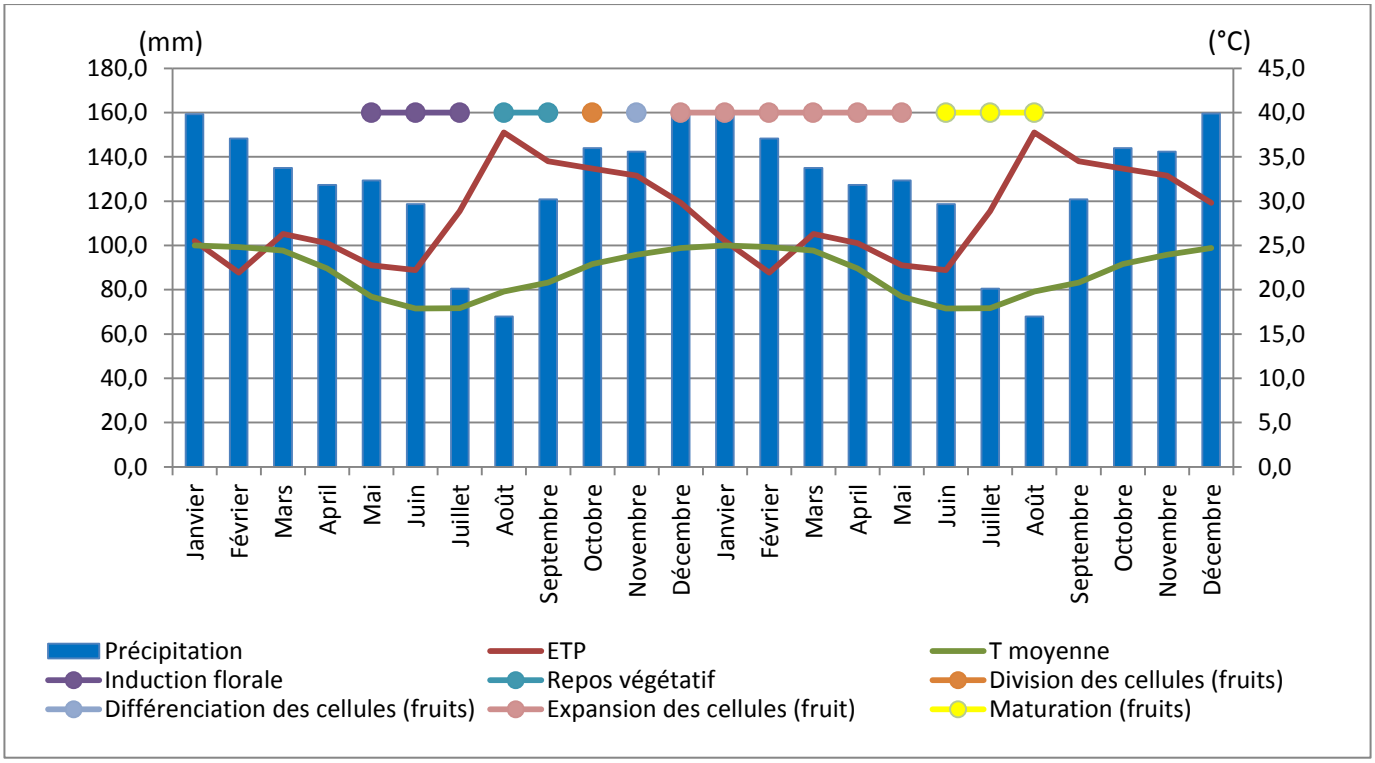
Le flux de croissance végétative des agrumes, il arrive toutes les saisons, mais il est moins intense pendant les mois d'hiver en comparaison aux mois d'été. La quantité de flux va varier, selon les espèces et variétés et aussi par les conditions climatiques (Mattos Jr et al., 2010; Stenzel et al., 2005).

Par exemple dans la ville de Paranavaí a été observée six flux/an de croissance, malgré de la moyenne de cinq flux/an, selon l'auteur d'article, il expliquerait que pendant la période du travail la température a été supérieure que la moyenne historique (Stenzel et al., 2005).

Le cycle de développement des agrumes durées de 6 mois à 16 mois entre la floraison et a maturation, il va varier, selon les espèces et variétés en relation aux conditions climatiques, duré entre 6 mois à 16 mois. Il existe de variétés précoces, moyennes et tardives. Dans cette période a 4 phases, elles sont (Crisóstomo et Naumov, 2009):

1) Végétation : la période a de températures basses ou déficit hydrique, normalement à la fin de l'automne e début d'hiver, il y a la réduction du flux de croissance et le plante commencer l'accumulation d'hydrate de carbone ;
2) Induction ou différenciation florale : la présence du climat froid et le stress hydrique, les gemmas végétatives se transforment en gemmas reproductives;
3) Floraison : Entre la fin d'hiver et le début du printemps, la température et la disponibilité d'eau vont augmenter, c'est quand les fleurs vont ouvrir. Dans cette période le haut température ou l'étiage prolongé va limiter la production à cause d'abscission des fleurs et fruits jeunes;
4) Fructification : après la fixation des fruits jeunes, ils vont passer pour division et expansion cellulaire qui définira le potentiel de croissance à la fin de la maturation.

Le graphique suivant va présenter les conditions moyennes de la région nord-ouest du Paraná e comparaison des phases phenologique des agrumes en général :



3.4.4 Les phytosanitaires recommandés pour le Citrus

Les phytosanitaires libérés dans la culture des agrumes, dans l'état du Paraná, sont dans un fiche d'Excel.

4. Discussions

4.1 Intérêt de l'étude

L'intérêt de cette étude, à travers d'adaptation d'indicateur I-Phy, est identifier les meilleures gestions/traitements dans la culture des agrumes pour la promotion de l'agriculture durable.

4.2 Méthodologie

Il faut faire des modifications, parce que la méthode a été développée dans les conditions de climat tempéré et notre travail sera réaliser dans les conditions de climat subtropical (hautes températures et humidité). Ainsi que dans le travail de Boullenger (2007), une recherche qui a travaillé sur la culture des agrumes à Guadaloupe, les conditions climatiques sont proches, donc nous pouvons se référer les modifications qu'il a été fait et ajouter tout qui être nécessaire.

4.3 Analyses des résultats

4.3.1 Autres pratiques

La quantité de produit qui peut être utilisé dans les plantations d'agrumes en France est beaucoup plus moindre par rapport au Brésil. Partant, pour une évaluation en utilisant la I-Phy devront en savoir plus sur les ingrédients actifs, qui ne sont pas utilisés en France, comme DT_{50}, DJA, Aquatox, DL_{50}, CL_{50}. Pour faire de l'impact des calculs de risque dans les eaux souterraines, les eaux de surface, la faune et la flore.

Tout comme, il faudra également des équipements (les tracteurs, les pulvérisateurs) utilisés pour l'application des phytosanitaires et la façon dont elles sont appliquées chaque produit à faire plus tard le calcul de l'impact des risques sur l'air. Aussi, il faut faire un

4.3.2 Climat

Prenant en considération le travail effectué par Boullenger à Guadalupe, en raison de la similitude du climat de la Guadeloupe et du nord-ouest du Paraná, nous pouvons dire qu'il est possible que nous utilisions le travail comme base de modifications.

Par exemple, la Loi de Henry (KH) : Selon Boullenger (2007), normalement la valeur de KH est mesurée à 25 ^{o}C ($KH=\log_{10} 4*KH$), mais en Guadaloupe la température avoisinant souvent le 30 ^{o}C à cause de l'humidité ou sèche, donc le KH va être multiplié par 2 ($KH=\log_{10} 2*KH$). Les limites dans cette dernière case va être -5,57 (favorable) et -3,57 (défavorable).

Des variables qui n'ont pas changé, même avec les différentes climatiques, la DJA, Aquatox, DT_{50} et KOC (par consequence des deux dernières, la valeur de GUS reste la même).

4.3.3 Sol

Malgré les énormes quantités de types de sols dans la région nord-ouest du Paraná, la détermination des catégories de textures peuvent être faite à travers le triangle.

Il faut faire des analyses necéssaires, comme : de matière organique (principalement dans le cas de la matière active à base de cuivre), les caractéristiques du sol (profondeur et qualité filtrante).

5. Conclusions et perspectives

5.1 Projet de travail au Brésil

À travers indicateur I-Phy est possible évaluer les impacts sur l'environnement de chaque traitement utilisé pour les maladies, les insectes et les mauvaises herbes. Dans les agrumes, les principaux phytosanitaires pour la prévention de majorité des maladies sont à base de cuivre, l'I-Phy nous montrera les différents impacts des produits sur les sols, les eaux (surface ou souterraine) ou l'air.

5.2 Intérêt de la méthode

Le projet est développé dans la région nord-ouest du Paraná, vise à avoir le meilleur chancre bactérien de contrôle de traitement, pour ça il existe plusieurs sous-projets dans l'essai différents produits à base de cuivre pour un meilleur contrôle de la maladie et aussi des sous-projets qui testent l'induction de la résistance afin de réduire l'utilisation de produits à base de cuivre, par la combinaison de traitements (produits à base de cuivre et produits qui induisent la résistance acquise).

Avec les résultats, nous pouvons diagnostiquer quels traitements sont les plus nocifs pour l'environnement, et par la suite recommandée aux agriculteurs les meilleurs produits pour la gestion de la maladie dans les similitudes des paramètres du sol et du climat.

5.3 Perspectives

Dans un premier temps, il sera adapté le I-Phy arbo à la réalité du nord-ouest du Paraná, et peu à peu les autres indicateurs de la méthode INDIGO. Grâce à l'adaptation de la méthode, l'intention serait de faire une meilleure valorisation de la production par l'agriculteur, la conservation des zones de production et de l'environnement, en promouvant une agriculture durable.

5.4 Avis personnel

Les principaux objectifs pour faire l'adaptation:

- Étudie plus à fond l'exportation base pour l'adapatation (collecte de données);

- Établir des exemples de pratiques dans les verges des agrumes (plus agressif, standard, moins agressif et bio);

- Établir les areas x types des sols dans la région nord-ouest du Paraná;

- Évaluer comme faire avec les données manquent des matières actives;

- Évaluer la relation de degradation/volatilisation des matières actives.

6 Bibliographie

Andreazza, R.; Camargo, F. A. O.; Antoniolli, Z. I.; Quadro, M. S.; Barcelos, A. A.. 2013. Biorremediação de áreas contaminadas com cobre. Revista de Ciências Agrárias, v.36, n.2, p.127-136.

Barriuso, E. 2004. Un point sur... estimation des risques environnementaux des pesticides. INRA editions. 75 – 86 p.

Bockstaller, C.; Bouvarel, I.; Lairez, J.; Feschet, P.; Aubin, J. 2015. Agriculture et développement durable – guidee pourl'évaluation multicritère. Éditions Quae. 15-18 p.

Bockstaller, C. et Girardin, P.. 2008. Mode de calcul des indicateurs agri-environnementaux de la méthode INDIGO.

Boullenger, G. 2007. Mise au point d'un indicateur d'impact environnemental sur l'utilisation des pesticides en verger d'agrumes, en Guadaloupe. Non publié.

Briquel, V.; Vilain, L.; Bourdais, J.L.; Girardin, P. ; Mouchet, C.; Viaux, P.. La méthode IDEA (indicateurs de durabilité des exploitations agricoles) : une démarche pédagogique. Ingénieries - EAT, IRSTEA édition 2001, p. 29 -l p. 39.

Crisóstomo, L. A. et Naumov, A. 2009. Adubando para alta produtividade e qualidade – Fruteiras tropicais do Brasil. EMBRAPA et Institto Internacional da Potassa Horgen/Suiça. 70 – 88 p.

Devillers, J.; Farret, R.; Girardin, P.; Soulas, G. 2005. Indicateurs pour évaluer les risques liés à l'utilisation des pesticides. Lavoisier. 90 - 95 p.

Feschet, P.; Bockstaller, C. 2014. Méthodes d'évaluation multicritère des systèmes agricoles et ACV sociale, quelle complémentarité? In : Social LCA in progess. Macombre Catherine (ed.), Loeillet Denis (ed.). Montpellier : CIRAD, pp. 18-25.

Fonseca, F. P. ; Czuy, D. C.[(1)] 2005. III Simpósio Nacional de Geografia Agrária – II Simpósio Internacional de Geografia Agrária Jornada Ariovaldo Umbelino de Oliveira – Presidente Prudente, 11 a 15 de novembro de 2005. (<http://www2.fct.unesp.br/nera/publicacoes/singa2005/Trabalhos/Artigos/Fernanda%20Perdigao%20da%20Fonseca.pdf).

Griffith, P. et Girardin, P.. 2003. L'indicateur phytosanitaire I-Phy arbo. Non publié.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Grupo de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias - GCEA/IBGE, DPE, COAGRO. 2013. Levantamento sistemático da produção agrícola. Rio de Janeiro, v.26, n.2, p.1-84, fevereiro/2013.

Lopes, J. M. S.; Déo, T. F. G.; Andrade, B. J. M.; Giroto, M.; Felipe, A. L. S.; Junior, C. E. I.; Bueno, C. E. M. S.; Silva, T. F.; Lima, F. C. C.. 2011. Importância econômica do citros no Brasil. Revista Científica Eletrônica de Agronomia, ano X, número 20, Dezembro de 2011.

Mattos Jr., D.; Ramos, U. M.; Quaggio, J. A.; Furlani, P. R.. 2010. Nitrogênio e cobre na produção de mudas de citros em diferentes porta-enxertos. Bragantia, Campinas, v.69, n.1, p.135-147.

Mattos Jr., D.; De Negri, J. D.; Figueiredo, J. O. et Pompeu Jr., J.. 2005. Citros: principais informações e recomendações de cultivo. Instituto Agronômico de Campinas – IAC.

Reau, R. et Doré, T. 2008. Systèmes de culture innovants et durables – quelles méthodes pour les mettre au point et les évaluer. 29-51 p.

Sadok, W.; Angevin, F.; Bergez, J.; Bockstaller, C.; Colomb, B.; et al.. 2009. MASC, a qualitative multi-attribute decision model for ex ante assessment of the sustainability of cropping systems. Agronomy for Sustainable Development, Springer Verlag/EDP. Sciences/INRA, 2009, 29 (3), <10.1051/agro/2009006>. <hal-00886501>

Silva, I. C.; Ferreira, H.; Sacaramento, L. V. S.. 2014. Inibição da divisão celular em Xanthomonas citri subsp. citri e Bacillus subtilis. Tese de Doutorado, Unesp, Fevereiro, 2014.

Silva, S. E. L. et Souza, A, G. C.. 2002. Circular Técnica 14 – Produção de mudas de laranja. EMBRAPA.

Stenzel, N. M. C.; Neves, C. S. V. J.; Marur, C. J.; Gomes, J. C.. 2005. Crescimento vegetativo de plantas cítricas no norte e noroeste do Paraná. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 27, n. 3, p. 412-417, Dezembro 2005.

USDA, National Agricultural Statistics Service. November/2013. Crop Production.

Sites

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Entreprise brésilienne de recherche agropecuaria). Consultation: 08/07/2016. http://www.escola.agrarias.ufpr.br/arquivospdf/mapa_solos_pr.pdf

(1)(http://www2.fct.unesp.br/nera/publicacoes/singa2005/Trabalhos/Artigos/Fernanda%20Perdigao%20da%20Fonseca.pdf)

IAPAR(1) - Institut Agronomique du Paraná. Consultation : 06/07/2016. Cartas climáticas. http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863

IAPAR(2) – Institutito Agronômico do Paraná (Institut Agronomique du Paraná). Consultation : 06/07/2016. Médias históricas. http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas.htm

PLAGE – Plate-forme d'évaluation agri-environnementale. Consultation : 07/07/2016. Fiche d'outil : INDIGO 2.0. http://www.plage-evaluation.fr/webplage/images/stories/pdf/ficheindigo.pdf