



# **Potentiel de l'utilisation des arbres nourriciers à des fins de production alimentaire au sein de parcs publics urbains à Villa El Salvador, au Pérou.**

**Mémoire**

**Mariève Lafontaine-Messier**

**Maîtrise en agroforesterie**  
Maître ès sciences (M.Sc.)

Québec, Canada

© Mariève Lafontaine-Messier, 2014



## Résumé

Partout à travers le monde, la croissance urbaine a tendance à s'accompagner d'une hausse des problèmes environnementaux et d'une aggravation des inégalités sociales. Pour lutter contre ce phénomène, de nouvelles stratégies de développement urbain durable doivent être développées. Ce mémoire se penche sur le concept innovateur des arbres nourriciers, plantés en systèmes productifs au sein d'espaces verts publics de quartiers à Villa El Salvador, au Pérou. Des groupes de discussion et des entrevues semi-dirigées réalisées avec la population locale ont permis d'identifier les principaux facteurs favorables et contraignants influençant le développement de cette stratégie de production alimentaire. La performance financière a été évaluée pour deux modèles de systèmes arborés en calculant la valeur nette actualisée (VNA), le ratio bénéfices : coûts (B : C) et le flux monétaire annuel équivalent (FMAE). Les résultats montrent la pertinence, d'un point de vue social et financier, d'intégrer des arbres nourriciers au sein d'espaces verts publics urbains.



## **Abstract**

All over the world, urban growth tends to go in hand with an exacerbation of environmental problems and aggravated social inequalities. To fight against that phenomenon, new strategies fostering the sustainable development of cities must be implemented. This thesis addresses the innovative concept of food trees, planted in productive systems within local public green areas in Villa El Salvador, Peru. Focus groups and semi-directed interviews conducted with the local population allowed to identify the most important favorable and restrictive factors influencing the development of this urban food production strategy. The financial performance was evaluated for two designs of productive tree systems through the calculation of the Net Present Value (NPV), the Benefit-Cost Ratio (BCR), and the Equivalent Annual Cash Flow (EACF). Results provide evidence advocating the social and economic relevancy of integrating food trees within urban public green areas.



# Table des matières

RÉSUMÉ.....	III
ABSTRACT.....	V
TABLE DES MATIÈRES .....	VII
LISTE DES TABLEAUX .....	IX
TABLE DES FIGURES .....	XI
AVANT-PROPOS .....	XIII
REMERCIEMENTS .....	XV
<b>CHAPITRE 1 INTRODUCTION GÉNÉRALE.....</b>	<b>1</b>
1.1 PROBLÉMATIQUE.....	1
1.2 QUELQUES CONCEPTS CLEFS .....	2
1.3 LA FUSION DES CONCEPTS D’AGRICULTURE ET DE FORESTERIE URBAINE : LES ARBRES NOURRICIERS.....	4
1.4 CADRE CONTEXTUEL.....	8
1.5 PORTEE, HYPOTHESES ET OBJECTIFS DE RECHERCHE .....	10
<b>CHAPITRE 2 PERCEPTION DES MEMBRES DES COMMUNAUTÉS URBAINES FACE À L’UTILISATION D’ARBRES NOURRICIERS À DES FINS DE PRODUCTION ALIMENTAIRE AU SEIN DE PARCS PUBLICS URBAINS À VILLA EL SALVADOR, AU PÉROU. ....</b>	<b>11</b>
2.1 RESUME .....	11
2.2 INTRODUCTION .....	11
2.3 CADRE THEORIQUE .....	12
2.4 MÉTHODOLOGIE .....	14
2.4.1 <i>Description de la zone d’étude</i> .....	14
2.4.2. <i>Collecte et analyse de données</i> .....	15
2.5 RÉSULTATS.....	19
2.5.1 <i>Caractéristiques socioéconomiques des participants</i> .....	19
2.5.2 <i>Analyse M.O.F.F. et P.H.A.</i> .....	20
2.5.3 <i>Intérêts et objectifs poursuivis via la participation au projet</i> .....	22
2.5.4 <i>Motivation des répondants et faisabilité</i> .....	23
2.5.5 <i>Influence de l’insécurité alimentaire sur les objectifs visés</i> .....	25
2.6 DISCUSSION .....	26
2.7 CONCLUSION .....	29
<b>CHAPITRE 3 PROFITABILITY OF FOOD TREES PLANTED IN URBAN PUBLIC GREEN AREAS .....</b>	<b>31</b>
3.1 RÉSUMÉ .....	31
3.2 ABSTRACT .....	31
3.3 INTRODUCTION .....	32
3.4 METHOD .....	33
3.4.1 <i>Description of the studied area</i> .....	33

3.4.2	<i>Methodological approach</i> .....	34
3.5	RESULTS .....	38
3.5.1	<i>Designs</i> .....	38
3.5.2	<i>Costs breakdown</i> .....	39
3.5.3	<i>Profitability at producers' level</i> .....	41
3.5.4	<i>Profitability at municipal level</i> .....	45
3.5.5	<i>Analysis of the sensitivity to variables</i> .....	48
3.6	DISCUSSION.....	53
3.6.1	<i>Verification of hypotheses</i> .....	53
3.6.2	<i>Bias</i> .....	54
3.6.3	<i>Sensitivity analysis and strategies to increase the financial performance</i> .....	55
3.6.4	<i>The importance of the municipality</i> .....	56
3.7	CONCLUSION .....	57
<b>CHAPITRE 4</b>	<b>DISCUSSION GÉNÉRALE .....</b>	<b>59</b>
4.1	CONSTATS GÉNÉRAUX ET VÉRIFICATION DES HYPOTHÈSES DE RECHERCHE .....	59
4.2	REGARDS CROISÉS SUR LES RÉSULTATS.....	60
4.2.1	<i>Caractéristiques socio-économiques des participants</i> .....	60
4.2.2	<i>Facteurs favorables à l'implantation des systèmes arborés</i> .....	61
4.2.3	<i>Facteurs contraignants</i> .....	63
4.3	LES ARBRES NOURRICIERS ET L'URBANISATION DURABLE .....	65
4.4	BESOINS EN RECHERCHES SUPPLÉMENTAIRES .....	67
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>71</b>	
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>73</b>	
<b>ANNEXE 1 : CALCULS ET BASES DE DONNÉES DE L'ANALYSE FINANCIÈRE .....</b>	<b>85</b>	
A.1.	CALCULS DES COÛTS DES INTRANTS PRIS EN COMPTE DANS LE CADRE DE L'ANALYSE FINANCIÈRE.....	85
A.2.	EXEMPLE DE CALCULS DES REVENUS - <i>PERSEA AMERICANA</i> , DANS LE CAS DU SYSTÈME 1.....	90
A.3.	RÉSULTATS DES ANALYSES FINANCIÈRES .....	93

# Liste des tableaux

TABLEAU 2.1. CARACTÉRISTIQUES SOCIOÉCONOMIQUES DES PARTICIPANTS PAR GROUPE DE DISCUSSION ET POUR L'ENSEMBLE DE L'ÉCHANTILLON .....	20
TABLEAU 2.2. INDICES DE PRIORITÉ ET RATIO DE CONSTANCE OBTENUS LORS DE LA CONDUITE DU PROCESSUS DE HIÉRARCHISATION ANALYTIQUE, SELON LES RÉSULTATS DE L'ANALYSE DES MENACES, DES OPPORTUNITÉS, DES FORCES ET DES FAIBLESSES .....	21
TABLEAU 2.3. INTÉRÊT ACCORDÉ PAR LES PARTICIPANTS AUX ARBRES, AUX TYPES DE PRODUITS OBTENUS DES ARBRES NOURRICIERS ET AU MODE PRIVILÉGIÉ POUR LA DISTRIBUTION DES PRODUITS RÉCOLTÉS .....	23
TABLEAU 2.4. PROPORTION DES RÉPONDANTS, EN POURCENTAGE, MENTIONNANT UNE PRÉFÉRENCE POUR LES FACTEURS ÉNUMÉRÉS PAR RAPPORT : (A) AUX OBJECTIFS VISÉS PAR UNE PARTICIPATION AU PROJET ; (B) À LEURS INTENTIONS CONCERNANT LA DISTRIBUTION DES PRODUITS RÉCOLTÉS ; (C) AUX STRATÉGIES PRIORISÉES POUR ASSURER UNE BONNE GESTION COMMUNAUTAIRE DES SYSTÈMES ARBORÉS ; ET (D) À LA FAISABILITÉ ASSOCIÉE À UN TEL PROJET .....	24
TABLEAU 2.5. OBJECTIFS QUI DEVRAIENT ÊTRE POURSUIVIS PAR LE PROJET ET STRATÉGIES DE GESTION DES PRODUITS À PRIVILÉGIER SELON L'INTENSITÉ DE L'INSÉCURITÉ ALIMENTAIRE RESENTIE PAR LES RÉPONDANTS . .....	26
TABLE 3.1. TREE SPECIES AND NUMBER OF TREES USED FOR EACH DESIGN, SPECIFYING HOW MANY YEARS, AFTER TREE PLANTATION, THEIR PRODUCTION STARTS AND REACHES A PLATEAU.....	39
TABLE 3.2. DIVISION OF EXPENSES BETWEEN CITY AND PRODUCERS FOR EACH SCENARIO STUDIED .....	39
TABLE 3.3. YEAR AT WHICH THE NET PRESENT VALUE (NPV) IS HIGHER THAN 0 AND THE BENEFIT-COST RATIO (BCR) IS HIGHER THAN 1, FOR SYSTEMS 1 AND 2 AND THE FOUR SCENARIOS OF COST DIVISION STUDIED, CONSIDERING TIME-A AND TIME-B, FOR A 3% DISCOUNT RATE, AND A PRODUCER'S STANDPOINT.....	42
TABLE 3.4. NET PRESENT VALUE (NPV), BENEFIT-COST RATIO (BCR), AND EQUIVALENT ANNUAL CASH FLOW (EACF) DERIVED WITH A 3% DISCOUNT RATE, FOR SYSTEMS 1 AND 2, COMPARING THE FOUR SCENARIOS OF COST DISTRIBUTION STUDIED FOR TIME-B, FROM A PRODUCER'S STANDPOINT, AND OVER 30 YEARS OF PRODUCTION.....	43
TABLE 3.5. ANNUAL SAVINGS FOR THE FOUR SCENARIOS OF COST DISTRIBUTION AND THE TWO SYSTEMS STUDIED, AT A 3% DISCOUNT RATE, FROM A MUNICIPAL STANDPOINT.....	47
TABLE 3.6. COMPARISON OF THE NET PRESENT VALUES (NPV) OBTAINED WHEN CONSIDERING 0%, 50%, 100%, AND 150% OF THE VALUE FOR THE IMPLEMENTATION COSTS, THE FERTILIZATION COSTS, AND THE LOSS FACTOR, FOR SCENARIO I (WC) FROM A PRODUCER'S STANDPOINT AND THE TWO SYSTEMS STUDIED. ....	50
TABLE 3.7. COMPARISON OF THE NET PRESENT VALUES (NPV) OBTAINED WHEN CONSIDERING 5%, 50%, 100%, AND 150% OF THE VALUE OF YIELDS AND THE PRODUCT'S MARKET PRICES, FOR SCENARIO I (WC) FROM A PRODUCER'S STANDPOINT AND THE TWO SYSTEMS STUDIED .....	51
TABLE 3.8. YEAR AT WHICH THE NET PRESENT VALUE (NPV) IS HIGHER THAN 0 FOR A VARIATION OF 0%, 50%, 100%, AND 150% FOR DIFFERENT PRODUCTION COSTS, AND A VARIATION OF 5%, 50%, 100%, AND 150% OF THE MARKET PRICE AND THE YIELDS, STUDYING SCENARIO I (WC) FROM A PRODUCER'S STANDPOINT AND THE TWO SYSTEMS STUDIED.....	52

TABLEAU A.1. COÛT D'ACHAT DES JEUNES ARBRES DESTINÉS À ÊTRE PLANTÉS DANS CHAQUE SYSTÈME À L'ÉTUDE	85
TABLEAU A.2. COÛTS RELIÉS À LA FERTILISATION DES ARBRES, POUR LES DEUX SYSTÈMES À L'ÉTUDE ET EN FONCTION DES BESOINS DE CHAQUE ESPÈCE D'ARBRES.	86
TABLEAU A.3. BESOINS EN EAU ET COÛT TOTAL ANNUEL POUR L'IRRIGATION DE CHAQUE SYSTÈME À L'ÉTUDE.	87
TABLEAU A.4. VALEUR DE LA MAIN-D'ŒUVRE INVESTIE PAR LA MUNICIPALITÉ DE VILLA EL SALVADOR ET LES PRODUCTEURS LOCAUX POUR L'ENTRETIEN ET LA GESTION DES SYSTÈMES ARBORÉS NOURRICIERS.	88
TABLEAU A.5. COÛTS TOTAUX À CONSIDÉRER POUR CHAQUE ANNÉE DE PRODUCTION (Y) DU SYSTÈME 1, SELON LES QUATRE SCÉNARIOS DÉVELOPPÉS.	89
TABLEAU A.6. CALCUL DES REVENUS ANTICIPÉS POUR LE <i>PERSEA AMERICANA</i> (AVOCAT) EN FONCTION DES RENDEMENTS ANNUELS POTENTIELS ET DU PRIX PAR KILO SUR LE MARCHÉ DE VILLA EL SALVADOR, EN 2010.	91
TABLEAU A.7. CALCUL DES REVENUS ANTICIPÉS À LA 18 <sup>E</sup> ANNÉE DE PRODUCTION ET POUR LES DEUX SYSTÈMES ÉTUDIÉS.	92
TABLEAU A.8. REVENUS ANNUELS TOTAUX ANTICIPÉS POUR CHAQUE SYSTÈME ÉTUDIÉ, POUR Y = 0 – 30.	93
TABLEAU A.9. VALEUR NETTE ACTUALISÉE POUR LE SYSTÈME 1 ET LES QUATRE SCÉNARIOS DE DISTRIBUTION DES COÛTS ÉTUDIÉS À UN TAUX D'ACTUALISATION DE 3 %, EN TENANT COMPTE DE LA VALEUR DE LA MAIN-D'ŒUVRE.	94
TABLEAU A.10. VALEUR NETTE ACTUALISÉE POUR LE SYSTÈME 2 ET LES QUATRE SCÉNARIOS DE DISTRIBUTION DES COÛTS ÉTUDIÉS À UN TAUX D'ACTUALISATION DE 3 %, EN TENANT COMPTE DE LA VALEUR DE LA MAIN-D'ŒUVRE.	95
TABLEAU A.11. RATIO BÉNÉFICES-COÛTS POUR LES DEUX SYSTÈMES DE PRODUCTION ET LES QUATRE SCÉNARIOS DE DISTRIBUTION DES COÛTS ÉTUDIÉS, POUR UN TAUX D'ACTUALISATION DE 3 % ET CONSIDÉRANT TIME-B.	96
TABLEAU A.12. FLUX MONÉTAIRE ANNUEL ÉQUIVALENT POUR LES DEUX SYSTÈMES DE PRODUCTION ET LES QUATRE SCÉNARIOS DE DISTRIBUTION DES COÛTS ÉTUDIÉS, POUR UN TAUX D'ACTUALISATION DE 3 % ET CONSIDÉRANT TIME-B.	97
TABLEAU A.13. VALEURS NON ACTUALISÉES DES COÛTS TOTAUX ET DES ÉCONOMIES RÉALISÉES PAR LA MUNICIPALITÉ, POUR LE SYSTÈME 1 ET LE SCÉNARIO I DE DISTRIBUTION DES COÛTS ÉTUDIÉS.	99
TABLEAU A.14. ÉCONOMIES TOTALES ( $X_{TOT}$ ) RÉALISÉES PAR LA MUNICIPALITÉ ET FRAIS D'EMBAUCHE D'UN INGÉNIEUR FORESTIER, ACTUALISÉS À 3 %, POUR LES MEILLEURS (BC) ET LES PIRES (WC) SCÉNARIOS ÉTUDIÉS, POUR LES DEUX SYSTÈMES.	100

## Table des figures

FIGURE 1.1. ILLUSTRATION DES LIENS DE COMPLÉMENTARITÉ ENTRE AGRICULTURE URBAINE ET FORESTERIE URBAINE À TRAVERS LES ARBRES NOURRICIERS. ....	5
FIGURE 1.2. SCHÉMA D'URBANISATION DE VILLA EL SALVADOR : A) PLAN GÉNÉRAL DE VILLA EL SALVADOR; B) PLAN D'UN SECTEUR, CONSTITUÉ DE 30 GROUPES RÉSIDENTIELS ; C) PLAN D'UN GROUPE RÉSIDENTIEL, CONSTITUÉ DE SEIZE PÂTÉS DE MAISON ET D'UN OU PLUSIEURS PARCS DE QUARTIER .....	9
FIGURE 2.1. LES TROIS ÉTAPES DE LA MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE UTILISÉE .....	15
FIGURE 3.1. STUDIED AREAS. A) LOCAL GREEN AREA IN THE HEARTH OF A RESIDENTIAL GROUP. B) PUBLIC PLOT OF LAND IN THE CENTRAL AREA OF A MILDLY TRANSITED AVENUE .....	34
FIGURE 3.2. MAIN STEPS OF THE RESEARCH ACTIVITIES. ....	34
FIGURE 3.3. FOOD TREE SYSTEMS DESIGNED BY THE LOCAL POPULATION OF VILLA EL SALVADOR: A. SYSTEM 1, B. SYSTEM 2 .....	39
FIGURE 3.4. NET PRESENT VALUES FOR SCENARIOS 1, WORST-CASE (WC), AND IV, BEST-CASE (BC) FOR SYSTEMS 1 AND 2, FROM A PRODUCER'S STANDPOINT.....	44
FIGURE 3.5. PROPORTION OF TOTAL NON-ACTUALIZED RECURRENT COSTS (YEARS 1-30) REPRESENTED BY TOTAL SAVINGS AND SAVINGS FOR LABOR, FOR BOTH SYSTEMS, FROM A MUNICIPAL STANDPOINT. ....	46
FIGURE 3.6. ANNUAL EVOLUTION OF TOTAL COSTS COMPARED TO TOTAL SAVINGS AND SAVINGS FOR LABOR, FOR SYSTEM 1, FROM A MUNICIPAL STANDPOINT. ....	46
FIGURE 3.7. COSTS RELATED TO THE WAGE OF A FORESTRY SPECIALIST COMPARED TO THE NET BENEFITS OBTAINED AT MUNICIPAL LEVEL FOR SCENARIOS I, BEST-CASE (BC), AND IV, WORST-CASE (WC), FOR BOTH SYSTEMS, WITH VALUES ACTUALIZED WITH A 3% DISCOUNT RATE.....	48
FIGURE 3.8. COMPARISON OF THE NET PRESENT VALUES (NPV) FOR FOUR DIFFERENT DISCOUNT RATES, FOR SCENARIO I (WC), AND IV (BC) AT PRODUCERS' LEVEL. ....	49



## Avant-propos

Le cœur de ce mémoire de maîtrise est composé du texte intégral de deux articles scientifiques présentés aux deuxième et troisième chapitres. Le premier article, rédigé en français, est intitulé « Perception des membres des communautés urbaines face à l'utilisation d'arbres nourriciers à des fins de production alimentaire au sein de parcs publics urbains à Villa El Salvador, au Pérou ». Il se penche sur les aspects sociaux liés à l'introduction d'arbres nourriciers au sein de parcs publics de quartiers. Il identifie les principaux facteurs favorables et contraignants ayant une influence sur le succès de l'implantation de systèmes arborés productifs au cœur des quartiers, de même que les principaux objectifs visés par les résidents intéressés à s'impliquer pour l'entretien des arbres. Le deuxième article, rédigé en anglais, est intitulé « *Profitability of food trees planted in urban public green areas* ». Il analyse la performance financière de deux modèles de systèmes arborés productifs, selon les points de vue d'un groupe de producteurs responsable de la gestion des systèmes arborés et des récoltes, et de la municipalité de Villa El Salvador. Les deux articles seront soumis ultérieurement pour publication.

Ce projet de recherche a été entièrement développé par l'auteure du présent mémoire. Les activités de recherche sur le terrain ont été réalisées entre novembre 2009 et août 2010 à Villa El Salvador, au Pérou. Dans leur exécution, l'auteure a pu compter sur l'appui du groupe d'étudiants bénévoles de l'université agraire La Molina, lesquels ont contribué à la réalisation des groupes de discussion et des entrevues semi-dirigées. Elle a également pu compter sur l'appui particulier de monsieur Christian Florencio, étudiant en foresterie à l'université agraire La Molina, qui a offert de précieux conseils pour le choix des espèces d'arbres à privilégier, la production des deux modèles de systèmes arborés productifs et l'étude des prix des produits des arbres sur le marché local. Une fois les analyses effectuées, monsieur Alain Olivier et madame Nancy Gélinas ont participé à la révision des résultats.

Trois auteurs ont été impliqués dans la rédaction des deux articles scientifiques, soit monsieur Alain Olivier, directeur de recherche, madame Nancy Gélinas, co-directrice de recherche et madame Mariève Lafontaine-Messier, auteure de ce mémoire.



## Remerciements

Je tiens premièrement à témoigner toute ma reconnaissance à deux professeurs qui me connaissent depuis les études bachelières et ont eu un impact particulier dans mon cheminement académique. Tout d'abord, monsieur Maurice Carel, ancien directeur du programme de D.E.S.S. en développement rural intégré, dont la confiance en mes aptitudes personnelles et professionnelles, de même que les encouragements incessants m'ont poussée à me lancer dans les études supérieures. Ensuite, monsieur Alain Olivier, professeur d'agroforesterie et actuel directeur de cette maîtrise, dont les bons conseils et la passion contagieuse m'ont fait choisir l'agroforesterie. Je tiens également à remercier du fonds du cœur madame Nancy Gélinas, co-directrice de ce projet de maîtrise, dont l'appui enthousiaste pour la révision détaillée du volet économique de cette recherche a été extrêmement apprécié.

Je souhaite également remercier du fonds du cœur le groupe d'étudiants volontaires de l'université agraire La Molina, à Lima, au Pérou, pour leur dévouement et leur grand professionnalisme dans la réalisation de certaines activités de recherche. Leur aide a certainement mis de la couleur et beaucoup de bonne humeur pour la réalisation de ce projet.

Je veux surtout remercier mes parents, Jacques et Ginette, qui tout au long de ma vie, m'ont poussée à faire des études, m'ont inondée d'encouragements et n'ont jamais cessé de m'appuyer.

Un dernier merci tout particulier à l'homme de ma vie, Yammil Yllescas Robles, dont j'ai eu la chance de croiser la route à Lima et qui, en plus de me combler de bonheur et de m'avoir offert un fils extraordinaire, m'a offert son appui constant pour la finalisation de ce projet.

Il importe finalement de mentionner que ce projet a été appuyé financièrement par le Fonds de recherche du Québec - Nature et Technologies (FQRNT) et le Fonds Écopolis du Centre de recherches pour le développement international (CRDI). Ce projet aurait été impossible à réaliser sans leur support et je les remercie du fonds du cœur.



# Chapitre 1 Introduction générale

## 1.1 Problématique

Depuis plusieurs décennies, le schéma mondial de migration des bassins de population suit une tendance à l'urbanisation (United Nations Population Division 2012) qui entraîne le développement accéléré de villes denses, larges et toujours plus peuplées. Il est maintenant bien connu que, depuis 2008, plus de la moitié de la population mondiale vit au sein de cités (UN-HABITAT 2008). Cette proportion devrait atteindre 60 % d'ici 2030 (de Zeeuw et Dubbeling 2009).

Plusieurs spécialistes de la question urbaine craignent toutefois que l'incapacité chronique des villes à soutenir une telle augmentation de population condamne un nombre toujours croissant de citoyens à la pauvreté, à l'insécurité alimentaire et à des conditions de vie difficiles et précaires (Brockhoff 2000, Hubbard et Onumah 2001). De plus, d'un point de vue environnemental, la densification du cadre bâti, la hausse de la production industrielle et l'intensification de la circulation routière entraînent, entre autres, l'augmentation des problèmes de chaleur urbaine et de contamination de l'air (King et Davis 2007, Kolokotroni et Giridharan 2008, Mochida et Lun 2008, Tiwary *et al.* 2009).

Pourtant, de nombreux experts et décideurs municipaux reconnaissent la valeur potentielle du développement urbain pour assurer la durabilité du développement à grande échelle : « Si les villes sont causes de problèmes environnementaux, elles sont également porteuses de solutions, et les avantages potentiels de l'urbanisation compensent largement ses inconvénients. Le défi à relever consiste à apprendre à exploiter les possibilités qu'elles offrent » (UNFPA 2007, p. 1). Une nouvelle approche de planification est donc nécessaire pour favoriser un développement durable des villes, laquelle « devrait viser à résoudre en priorité les problèmes sociaux et environnementaux » (UNFPA 2007, p. 1).

Au cours des dernières décennies, les habitants des villes et les acteurs du développement urbain se sont employés à mettre en œuvre des stratégies pour réduire l'occurrence de problèmes sociaux et environnementaux comme l'insécurité alimentaire et la dégradation de l'environnement. Par exemple, la production alimentaire en milieu urbain est devenue un moyen de lutte et d'adaptation des populations pauvres aux problèmes de pénurie ou d'augmentation des coûts des produits de première nécessité (Binns et Lynch 1998, Levasseur *et al.* 2007, Valaski *et al.* 2008, Pourjavid *et al.* 2013). En effet, le nombre de

parcelles d'agriculture urbaine recensées en France et au Royaume-Uni a plus que doublé au cours de la seconde guerre mondiale. Les programmes d'agriculture urbaine de Rosario, en Argentine, et de La Havane, à Cuba, ont également été développés suite à l'émergence d'importantes crises ayant gravement restreint l'accès aux denrées alimentaires : la crise économique de 2001 en Argentine et la dissolution de l'Union Soviétique en 1989, qui a entraîné une grave crise économique à Cuba (Cabannes 2012). Pratiquée dans une optique de vente, l'agriculture urbaine peut également représenter une activité économique permettant aux producteurs de bénéficier d'un revenu d'appoint (Cohen et Garrett 2009). La création d'espaces verts et la plantation d'arbres en ville sont pour leur part mises à profit pour les nombreux services environnementaux et sociaux associés à la conservation d'un couvert arboré en milieu urbain, tels que l'amélioration de la qualité de l'air et la production d'oxygène, la lutte contre la chaleur urbaine, la protection des cours d'eau et l'amélioration du bien-être physique et psychologique des résidents (Nowak *et al.* 2006, Hardin et Jensen 2007, McDonald *et al.* 2007, Escobedo et Nowak 2009, Seeland *et al.* 2009). Ces deux secteurs d'activités, l'agriculture et la foresterie urbaine, sont de plus en plus considérés comme des éléments clés de l'urbanisation durable.

Par contre, le développement et l'expansion d'une ville sont généralement vus comme des processus conflictuels opposant la construction d'édifices et d'infrastructures à la conservation des écosystèmes naturels et à l'agriculture (Madaleno 2000, Reuther et Dewar 2005, Zérah 2007). Il devient donc nécessaire de développer des stratégies urbanistiques novatrices qui permettent de maximiser l'utilisation de chaque espace et de favoriser le développement harmonieux de systèmes de production alimentaire et de parcs publics au sein de zones résidentielles densément peuplées.

## 1.2 Quelques concepts clefs

En termes démographiques, l'**urbanisation** peut être définie comme la croissance de la proportion urbaine de la population d'une nation (Satterthwaite *et al.* 2010) ou « le mouvement de population des zones rurales vers les zones urbaines<sup>1</sup> » (traduction libre) (Shen *et al.* 2012, p. 32). L'**urbanisation durable**, quant à elle, correspond au processus par lequel le développement d'une ville assure un équilibre entre ses besoins environnementaux, sociaux et économiques (Rasoolimanesh *et al.* 2012). Pour favoriser la durabilité de leur développement, les villes doivent adopter une vision large et à long terme (UNFPA 2007).

---

<sup>1</sup> "a movement of people from rural to urban areas"

La **pauvreté** se définit comme un manque d'autonomie, de sécurité et de pouvoir d'influence qui empêche une personne de combler adéquatement l'ensemble de ses besoins (Mitlin 2004) et de se payer un panier de produits et services de base (Cavendish 2002). En contexte urbain, ce concept implique une forte dépendance envers la monnaie, vu l'obligation pour les familles de payer une portion beaucoup plus importante de leurs produits alimentaires et de leurs services de base, en comparaison au milieu rural (Hubbard et Onumah 2001, Baker et Schuler 2004, Cohen et Garrett 2009).

La **sécurité alimentaire**, quant à elle, s'observe lorsqu'une personne a, à tout moment, un accès physique et économique à une nourriture suffisante, saine et nutritive lui permettant de satisfaire ses besoins énergétiques pour mener une vie saine et active. Les quatre piliers de la sécurité alimentaire sont : la disponibilité, la stabilité de l'approvisionnement, l'accès et l'utilisation (FAO 2009). Tel que suggéré par Mitlin (2004), la pauvreté en milieu urbain est étroitement liée à l'occurrence de l'insécurité alimentaire puisqu'elle empêche les familles d'acheter les produits essentiels à leur subsistance.

L'**agriculture urbaine**, qui peut être simplement définie comme la culture et l'élevage au sein de villes et de villages (Zezza et Tasciotti 2010), est caractérisée par son lien étroit avec les systèmes économique et écologique des villes grâce à une valorisation efficace des ressources locales (Mougeot 2006, Odudu et Omirin 2012). Permettant de profiter de la proximité de capitaux, de technologies, d'information et, surtout, d'un marché pour écouler les produits, cette activité étroitement liée au développement métropolitain peut être considérée comme « un nouveau type d'agriculture moderne offrant des bénéfices sociaux, environnementaux et économiques » (Bo et Chang-Ju 2012, p. 18). Même si son potentiel pour la lutte contre la pauvreté ne doit pas être surestimé, l'agriculture urbaine est tout de même globalement reconnue pour sa contribution à la sécurité économique et alimentaire des classes citadines les plus pauvres (Redwood 2008, cité par Cohen et Garrett 2009, Zezza et Tasciotti 2010).

La **foresterie urbaine** peut être définie comme « l'art, la science et la technologie associés à la gestion des arbres et des forêts situés au sein ou autour des systèmes communautaires urbains, dans le but de faire profiter la société des services physiologiques, sociaux, économiques et esthétiques offerts par les

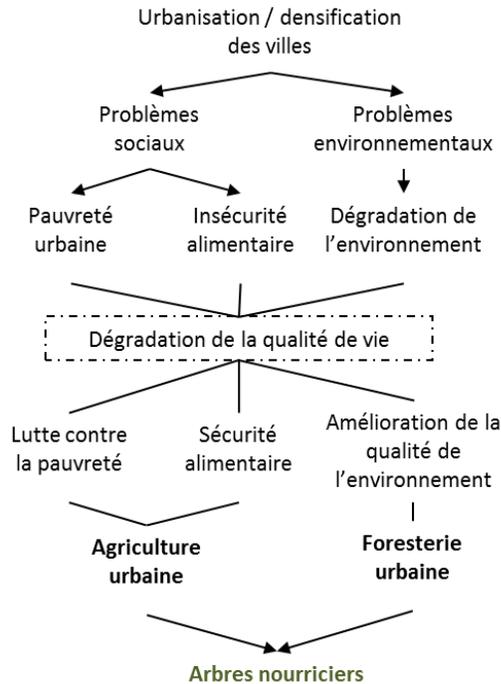
arbres<sup>2</sup> » (traduction libre) (Helms 1998, p. 193, cité par Konijnendijk *et al.* 2006, p. 95). Les services offerts par la pratique de la foresterie urbaine peuvent également se traduire par des bénéfices économiques quantifiables pour les villes (McPherson *et al.* 2007, Payton *et al.* 2008).

### **1.3 La fusion des concepts d'agriculture et de foresterie urbaine : les arbres nourriciers**

Dans la littérature scientifique, l'agriculture et la foresterie urbaines sont généralement traitées séparément et rarement analysées au sein d'un même système de production. L'agriculture urbaine est associée à la lutte contre l'insécurité alimentaire (incorporant parfois une légère composante environnementale), alors que la foresterie urbaine est plutôt vantée pour les multiples bénéfices environnementaux et sociaux qu'elle apporte, autres que la production alimentaire. Pourtant, ces concepts peuvent être fusionnés au sein de celui des **arbres nourriciers** (Figure 1.1). Tel que défini par Bellefontaine *et al.* (2001), le concept d'arbres nourriciers fait référence à la fonction productive des arbres, lesquels offrent une variété de denrées comestibles, telles que des graines, des feuilles, des fruits ou du fourrage pour les animaux.

---

<sup>2</sup> The art, science and technology of managing trees and forest resources in and around urban community ecosystems for the physiological, sociological, economic, and aesthetic benefits trees provide society.



**Figure 1.1.** Illustration des liens de complémentarité entre agriculture urbaine et foresterie urbaine à travers les arbres nourriciers.

Le développement d'une ville est un processus conflictuel fondé sur un enchaînement de luttes entre de multiples usages des espaces (Torre *et al.* 2006). L'issue d'un tel processus est entre autres influencée par la superficie du terrain en cause, les règles du marché foncier et les règles de zonage établies par une municipalité (Villeneuve et Côté 1994). Au fil du développement et de la densification du cadre bâti, la rareté croissante des espaces vacants entraîne, selon les règles du marché, la hausse de la valeur des terrains et, par le fait même, celle du coût d'opportunité lié à chaque utilisation du sol. L'attribution de la terre est déterminée par la recherche du profit (Hubbard et Onumah 2001, Phuc *et al.* 2014).

Dans un tel contexte, l'attribution de terrains pour la pratique de l'agriculture urbaine, une activité considérée comme étant faiblement rémunératrice, perd de l'intérêt. En fait, l'urbanisation rapide observée au cours des dernières décennies a entraîné la perte de terres parmi les plus appropriées pour la production alimentaire (Guitart *et al.* 2012). En conséquence, les producteurs urbains se trouvent souvent installés sur des terrains désaffectés, abandonnés temporairement ou qui leur sont prêtés en attendant une opportunité de développement plus rentable. Pour les producteurs touchés, cette instabilité entraîne un état permanent d'insécurité foncière, considéré comme l'un des facteurs les plus limitatifs du développement

agricole au sein des villes (Hubbard et Onumah 2001, Reuther et Dewar 2005, Odudu et Omirin 2012). Cette contrainte frappe particulièrement les classes les plus pauvres qui ne possèdent pas de propriété privée ou qui demeurent dans des quartiers très densément peuplés (Smith 1998).

À l'opposé, en raison des effets sur la santé publique et la qualité de vie de la population associés à la perte de biodiversité au sein des villes (Luber et McGeehin 2008, Johnson et Wilson 2009, Yang et Omaye 2009), la conservation d'espaces verts et de parcs publics devient une priorité pour plusieurs agents du développement urbain (Konijnendijk et Gauthier 2006). Ces espaces de taille relativement importante sont alors protégés du développement immobilier par différents règlements municipaux en matière de zonage. La sécurité foncière qui en découle constitue un avantage particulier des parcs et autres espaces verts, accentuant l'intérêt de les mettre à profit pour favoriser la production alimentaire dans une optique d'urbanisation durable (Chiesura 2004, Konijnendijk et Gauthier 2006).

Différents types de projets de plantation d'arbres nourriciers au sein d'espaces publics urbains commencent à être documentés. Par exemple, le *Chicago Rarities Orchard* vise la conservation d'espèces rares d'arbres nourriciers indigènes de la région de Chicago (États-Unis), en plus de faire office de centre destiné à l'éducation relative à l'environnement (Chicago Rarities Orchard Project 2009). L'organisme *City Fruit* cherche à accompagner les propriétaires urbains de Seattle (États-Unis) désirant cultiver des arbres fruitiers sur leurs terrains (City Fruit 2013). Toujours à Seattle, le projet *Beacon Food Forest* met l'accent sur la promotion de l'utilisation d'arbres nourriciers à des fins de jardinage communautaire en combinant les techniques d'aménagement paysager urbain avec la permaculture (Friends of the Beacon Food Forest s.d.). D'autres projets utilisent les arbres nourriciers comme symboles du développement durable dans la mise en œuvre de projets culturels : le projet *Gorbals* à Glasgow (Écosse) (Morris 2011) et le projet *Fallen Fruit*, à Los Angeles (États-Unis) (Fallen Fruit s.d.).

Toutefois, le potentiel d'implantation d'arbres nourriciers en systèmes productifs au sein des villes pour lutter contre l'insécurité alimentaire et la pauvreté commence à peine à attirer l'attention des chercheurs (Valaski *et al.* 2008). Dans la littérature scientifique, des arbres nourriciers utilisés comme outils de lutte contre l'insécurité alimentaire ont été recensés principalement dans des jardins de case urbains (Madaleno 2000, Makumbelo *et al.* 2002, Semedo & Barbosa 2007, Shillington 2013) et dans certains cas seulement au sein d'espaces publics (Lourdes 2009, McLain *et al.* 2012). Les études se penchent sur l'agriculture

urbaine ne tiennent généralement pas compte du potentiel offert par les parcs publics et autres espaces verts. Par exemple, dans leur évaluation de la possibilité de combler la totalité des besoins de la ville de Cleveland en produits alimentaires frais (fruits, légumes, volaille et œufs, miel), Grewal et Grewal (2012) n'ont pas considéré clairement la mise en production des parcs publics. De la même manière, l'évaluation de la pratique de l'agriculture urbaine et de son potentiel de développement dans la ville d'Antananarivo, à Madagascar, n'a tenu compte que des espaces privés et des terrains urbains désaffectés (Aubry *et al.* 2012). Les parcs publics urbains n'y étaient donc pas considérés comme possibles espaces de culture.

À notre connaissance, McLain *et al.* (2012) font partie des premiers auteurs à avoir étudié le potentiel de production alimentaire de la forêt urbaine en évaluant la possibilité de valoriser la forêt urbaine de Seattle, aux États-Unis, pour la collecte de denrées alimentaires et les bénéfices sociaux qui y sont associés. Konijnendijk et Gauthier (2006) indiquent pourtant que « pour offrir des environnements de vie urbains et aider les villes à « cultiver pour le futur », il est évident que la foresterie urbaine devrait être étroitement liée à l'agriculture urbaine<sup>3</sup> » (traduction libre) (p.428). Hubbard et Onumah (2001) parlent d'ailleurs d'une « importante inefficacité de l'utilisation de la terre<sup>4</sup> » (traduction libre) (p. 437) et soulignent que les villes, particulièrement dans les pays en développement, regorgent d'espaces publics qui pourraient être valorisés pour la production alimentaire.

Le présent projet de recherche aborde la question de la foresterie urbaine sous un angle novateur, celui de la production alimentaire au sein d'espaces verts publics. La question de l'implantation et de la gestion des systèmes arborés est traitée selon les approches de foresterie communautaire et de foresterie sociale : la première considère que la plantation d'arbres sur une terre publique est basée sur la participation de la communauté, alors que la deuxième consiste en la plantation d'arbres en vue d'atteindre des objectifs purement sociaux (Long et Nair 1999). Ce projet met également l'accent sur une approche de multifonctionnalité des espaces publics, soit la combinaison de plusieurs fonctions socio-économiques, environnementales, productives et autres sur un même espace (Deelstra *et al.* 2001, Rodenburg et Nijkamp 2002).

---

<sup>3</sup> In terms of providing urban livelihoods and helping cities to “farm for the future”, it is obvious that urban forestry should be closely linked with urban agriculture.

<sup>4</sup> Serious land use inefficiencies

## 1.4 Cadre contextuel

En Amérique latine, le taux d'urbanisation moyen atteint 75 % (Brockerhoff 2000). Il est de 76% au Pérou (INEI 2012). La capitale du pays, la région métropolitaine de Lima, a une population de 8 481 415 habitants (INEI 2012). Le taux de croissance de la ville au cours des 20 dernières années était de 2,1 % (Municipalidad metropolitana de Lima 2013).

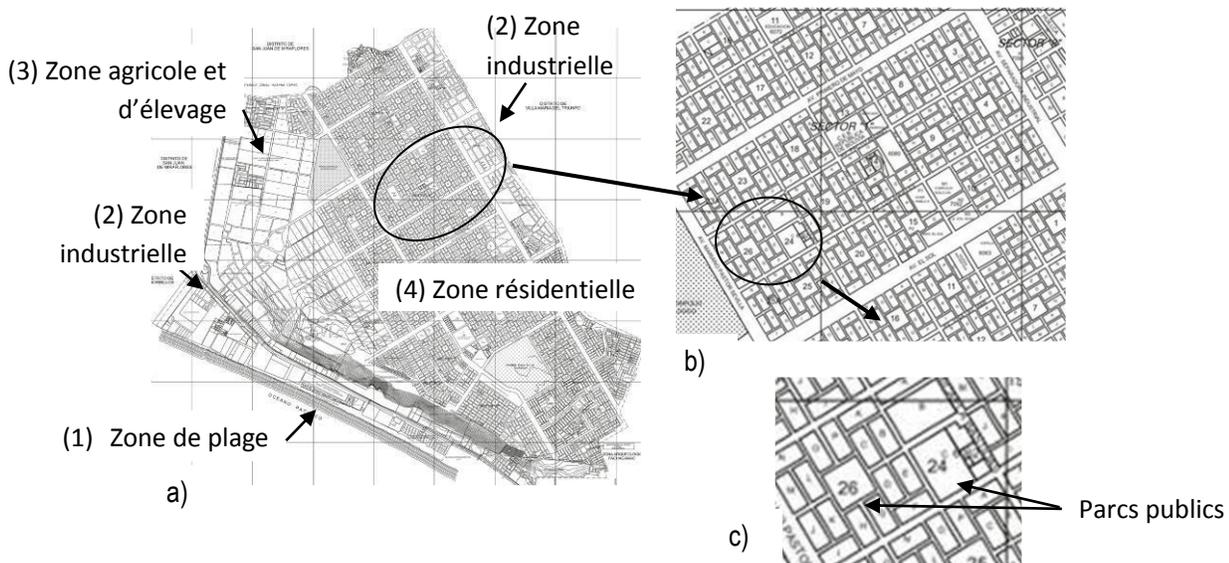
La capitale du Pérou est formée de 43 districts aux conditions socio-économiques très variées. Ce projet de recherche s'intéresse au cas de Villa El Salvador, un district de 381 790 habitants (INEI 2008) situé à l'extrémité sud de la région métropolitaine de Lima.

Au plan social, 21,9 % des habitants de Villa El Salvador vivent sous le seuil de pauvreté absolue (INEI 2009) et font face à un important manque d'emplois locaux qui permettraient à la population de trouver près de chez elle une activité professionnelle offrant une rémunération décente. En raison des conditions économiques difficiles, de nombreuses familles se voient dans l'obligation, pour subvenir à leurs besoins de base, de recourir aux programmes d'aide alimentaire tels que le réseau de cuisines communautaires *Olla común* et le dépannage alimentaire pour enfants, le *Vaso de leche*. Ces programmes alimentaires offrent toutefois des repas pauvres en protéines, en vitamines et en micronutriments, favorisant un déséquilibre nutritif chez leurs bénéficiaires.

Conscientes de cette situation et de l'importance de la consommation de produits frais pour favoriser la sécurité alimentaire qualitative de la population, les autorités municipales manifestent depuis 2005 un intérêt marqué pour le développement de l'agriculture urbaine. Par contre, comme partout, l'augmentation de la population et la densification du cadre bâti qui en a résulté ont entraîné une rareté croissante des espaces vacants, soumettant ainsi les activités d'agriculture urbaine à de graves conflits d'usage.

Au plan environnemental, l'aridité du climat à Villa El Salvador fait en sorte que la ville ne bénéficie que d'une très faible couverture arborée naturelle, la confrontant à d'importants problèmes de chaleur urbaine et, surtout, de contamination de l'air.

Développée selon un schéma d'urbanisation minutieusement planifié, Villa El Salvador est divisée en quatre zones bien identifiées (Figure 1.3a) : (1) une zone de plage ; (2) une zone industrielle devenue le cœur économique de la municipalité ; (3) une zone agricole destinée à assurer la sécurité alimentaire de la population, mais dont la superficie initiale a été réduite de 80 % sous la pression de l'urbanisation ; et (4) une zone résidentielle. Cette dernière est à son tour divisée en neuf secteurs formés chacun d'une trentaine de groupes résidentiels (Figure 1.3b) comportant seize quartiers de 380 lots privés (Figure 1.3c). Au centre de chaque groupe résidentiel, un parc public d'une superficie d'environ un hectare fait office de lieu de rassemblement. On y trouve un terrain de sport, un centre communautaire et des espaces libres destinés à la plantation d'arbres.



**Figure 1.2.** Schéma d'urbanisation de Villa El Salvador : a) Plan général de Villa El Salvador; b) Plan d'un secteur, constitué de 30 groupes résidentiels ; c) Plan d'un groupe résidentiel, constitué de seize pâtés de maison et d'un ou plusieurs parcs de quartier (modifié de Villa El Salvador 2001).

Pour favoriser le développement durable de leur ville, les décideurs municipaux de Villa El Salvador souhaitent atteindre une proportion d'espaces verts de 8 m<sup>2</sup>/habitant, une valeur recommandée par l'Organisation mondiale de la santé. Pour ce faire, ils ont développé un ambitieux programme de foresterie urbaine, le plan *Villa Verde* (Villa El Salvador 2006). La mise en œuvre de ce programme est, par contre, limitée par un manque de ressources humaines et financières qui oblige la municipalité à prioriser le verdissage de certaines zones publiques et à s'appuyer sur une implication citoyenne pour assurer le développement des parcs de quartiers. À partir de 2006, grâce à l'appui de l'ONG *IPES/Promoción del*

*desarrollo sostenible*, partenaire du présent projet de recherche, des comités environnementaux citoyens ont été formés dans la majorité des groupes résidentiels pour prendre en charge l'aménagement du parc commun et favoriser l'éducation relative à l'environnement de la population locale.

On peut donc constater que la population de Villa El Salvador est confrontée à une situation de pauvreté et à une forte dépendance envers les programmes d'aide alimentaire, alors que, parallèlement, de grands efforts sont déployés pour verdir les parcs de quartier et augmenter la couverture arborée de la municipalité. Dans un tel contexte, l'utilisation d'arbres nourriciers pour le développement d'une stratégie novatrice permettant la mise en production des parcs publics de quartier, permettrait de répondre d'un même souffle aux priorités alimentaires et environnementales de la municipalité et de l'ensemble de la population.

## **1.5 Portée, hypothèses et objectifs de recherche**

Ce projet vise à mettre en lumière les facteurs contraignants et facilitateurs liés à la création d'un système de production alimentaire basé sur la plantation d'arbres nourriciers au sein d'espaces verts urbains à Villa El Salvador, dans le but d'offrir aux décideurs locaux un argumentaire leur démontrant l'intérêt ou non de considérer l'intégration d'arbres nourriciers à leurs programmes de foresterie urbaine. Le développement de l'ensemble des activités de recherche se base sur trois hypothèses initiales :

- A) La possibilité de récolter des produits comestibles destinés à l'autoconsommation ou à la vente favorise l'implication de la population locale de Villa El Salvador aux activités de foresterie urbaine ;
- B) Pour de petits groupes de producteurs impliqués dans les activités d'entretien et de gestion des arbres nourriciers, la possibilité de récolter les produits alimentaires permet de retirer un bénéfice financier ;
- C) L'implication populaire aux activités de gestion et d'entretien des arbres permet à une municipalité de réaliser des économies en termes de ressources humaines et d'achat d'intrants.

Le projet a été réalisé en visant deux objectifs principaux : (1) identifier les avantages, inconvénients, contraintes et facteurs facilitateurs liés au développement de systèmes arborés productifs au sein d'espaces verts publics à Villa El Salvador ; et (2) quantifier le potentiel financier de la mise en place de ces systèmes pour un groupe de dix producteurs locaux et pour la municipalité de Villa El Salvador.

# **Chapitre 2 Perception des membres des communautés urbaines face à l'utilisation d'arbres nourriciers à des fins de production alimentaire au sein de parcs publics urbains à Villa El Salvador, au Pérou.**

Auteurs : M. Lafontaine<sup>1</sup>, A. Olivier.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département de phytologie, Université Laval, Québec

## **2.1 Résumé**

Cette étude aborde la question de la foresterie urbaine sous l'angle de la production alimentaire à Villa El Salvador, au Pérou. Elle évalue l'intérêt et la faisabilité technique de l'implantation d'arbres nourriciers en systèmes productifs gérés par la collectivité locale dans des parcs publics de quartier. Des discussions de groupe et des entrevues individuelles avec des représentants communautaires ont permis d'identifier une série de facteurs contraignants et facilitateurs ayant une forte influence sur le succès à long terme d'une telle stratégie productive. Les résultats montrent que la perspective de récolter des produits comestibles destinés à la consommation ou à la vente motive les résidents à prendre part aux activités d'entretien des arbres. L'étude conclut que pour être couronnée de succès, l'implantation d'arbres nourriciers au sein des parcs publics de quartier doit s'inscrire dans la politique de quartier développée par la population locale et soigneusement anticiper les sources possibles de conflits.

## **2.2 Introduction**

Depuis plusieurs décennies, le schéma mondial de migration des bassins de population tend vers l'urbanisation (United Nations Population Division 2012), entraînant le développement accéléré de cités denses, vastes et toujours plus peuplées. En ville, l'afflux constant de nouveaux arrivants à la recherche de meilleures conditions de vie favorise l'augmentation des niveaux de pauvreté et d'insécurité alimentaire (Tacoli *et al.* 2012), ce qui nécessite la mise en place de stratégies novatrices pour un développement urbain favorisant la satisfaction des besoins nutritifs de l'ensemble de la population des cités, en particulier des plus démunis.

## 2.3 Cadre théorique

En milieu urbain, les concepts de pauvreté et d'insécurité alimentaire sont intimement liés au pouvoir d'achat d'un individu ou d'un ménage, c'est-à-dire à sa capacité de payer pour se procurer les biens et les services nécessaires à la satisfaction de ses besoins (Ravallion *et al.* 2002, Mitlin 2004). La pauvreté se définit comme un manque d'autonomie, de sécurité et de pouvoir d'influence qui empêche une personne de combler adéquatement l'ensemble de ses besoins essentiels (Mitlin 2004). L'insécurité alimentaire, quant à elle, s'observe lorsque de graves contraintes empêchent un individu ou une famille d'avoir, à tout moment, un accès physique et économique à une nourriture saine, diversifiée et en quantité suffisante (Barrett 2010). Contrairement à ce qui se passe en contexte rural, la difficulté de produire en ville une partie des denrées alimentaires qu'elle consomme rend la famille fortement dépendante d'apports monétaires, ce qui accroît sa vulnérabilité face à l'augmentation du coût des aliments (Baker et Schuler 2004, Mitlin 2004). Les emplois perdus ou difficiles à trouver, l'augmentation du coût de la vie et les épisodes ponctuels d'envolée des prix des aliments sont autant de facteurs qui contribuent à hausser les niveaux de pauvreté et d'insécurité alimentaire au sein des villes (Chen et Ravallion 2007, Mougeot 2006).

Parmi les stratégies de survie développées par les plus pauvres, l'agriculture urbaine, qui consiste en la production d'espèces végétales et animales au sein et autour des villes dans un but d'autoconsommation ou de commercialisation, fait de plus en plus d'adeptes (Koc *et al.* 1999). Ce secteur d'activité est maintenant largement reconnu, entre autres pour son importante contribution à l'amélioration de la qualité de la diète des plus pauvres par la hausse de l'apport en vitamines et en micronutriments essentiels (Mougeot 2006, Dixon *et al.* 2007). En raison de l'ensemble des impacts sociaux et environnementaux bénéfiques qui lui sont généralement attribués, l'agriculture urbaine a même été décrite comme une stratégie-clé qui permettrait aux villes de prospérer à long terme (Brown et Jameton 2000).

Au sein d'une municipalité, le développement à grande échelle de l'agriculture urbaine se heurte toutefois à une réduction constante de la quantité et de la superficie des espaces urbains disponibles pour la mise en place de systèmes de production alimentaire et fait face à de graves problèmes d'insécurité foncière. Selon les concepts urbanistiques, l'accroissement et la densification d'une ville sont des processus conflictuels fondés sur un enchaînement de luttes entre divers usages des espaces (Torre *et al.* 2006), dont l'issue n'est que très rarement en faveur de l'agriculture à petite échelle.

Le développement urbain s'accompagne également de conséquences environnementales importantes, telles que l'augmentation de la chaleur urbaine et de la contamination de l'air, qui ont un impact négatif sur la qualité de vie de la population (Kolokotroni et Giridharan 2008, Tiwary *et al.* 2009). Or, la foresterie urbaine, définie comme « l'art, la science et la technologie associées à la gestion des arbres et des forêts situés au sein ou autour des systèmes communautaires urbains » (Helms 1998, p. 193, cité par Konijnendijk *et al.* 2006, p. 95), est de plus en plus reconnue comme stratégie clé permettant de minimiser ces impacts négatifs (Nilsson 2005, Nowak *et al.* 2006).

L'agriculture urbaine et la foresterie urbaine représentent donc deux stratégies de développement durable des villes qui, quoique visant des objectifs généralement différents, peuvent présenter une grande complémentarité lorsqu'implantés sur un même espace (se référer à la Figure 1.1, p. 4 du présent mémoire).

Au sein des programmes de foresterie urbaine, la substitution d'espèces ornementales par des arbres nourriciers, c'est-à-dire producteurs de graines, de feuilles, de fruits comestibles ou de fourrage (Bellefontaine *et al.* 2001), permet d'aborder la foresterie urbaine sous un angle nouveau, soit celui de la production alimentaire dans un but de vente ou de consommation. L'implantation d'arbres nourriciers au sein de parcs publics de quartier, donc d'espaces protégés de la spéculation immobilière par zonage municipal, pourrait représenter une stratégie clé favorisant le développement à long terme d'un réseau urbain de production alimentaire. De par leur grande taille, les arbres nourriciers ne limitent pas la conduite d'activités au sein des parcs publics qui, par définition, doivent demeurer accessibles à l'ensemble des utilisateurs, et permettent plutôt d'adopter une approche de multifonctionnalité des espaces. En abordant la foresterie urbaine sous un angle nouveau, soit celui de la production alimentaire, cette stratégie productive pourrait ainsi représenter l'une des clés du développement durable et prospère des villes. On peut toutefois se demander dans quelle mesure cette stratégie contribuerait à lutter contre l'insécurité alimentaire au sein des villes et se questionner sur les motifs qui pousseraient certains membres de la population locale à s'impliquer dans les activités productives.

Le concept d'arbres nourriciers n'est pourtant que très peu développé et leur utilisation pour la création de systèmes productifs commence à peine à attirer l'attention des chercheurs (Valaski *et al.* 2008). Même si quelques études font état de l'omniprésence d'arbres fruitiers dans certaines villes (Madaleno 2000,

Valaski *et al.* 2008, Lourdes 2009), ces derniers ne sont généralement pas introduits en systèmes planifiés et le potentiel productif des espaces verts publics ne semble pas être pris en considération.

Ce projet de recherche vise à évaluer la faisabilité de la création de systèmes urbains de production alimentaire sous gestion communautaire, basés sur la plantation d'arbres nourriciers au cœur de parcs publics de quartiers résidentiels à Villa El Salvador, au Pérou. À partir d'ateliers de discussion et d'entrevues individuelles, nous cherchons à déterminer les objectifs motivant la participation citoyenne aux activités de gestion des systèmes arborés productifs et à identifier les principaux facteurs facilitateurs et contraignants pouvant influencer le succès de cette stratégie de foresterie urbaine.

## 2.4 Méthodologie

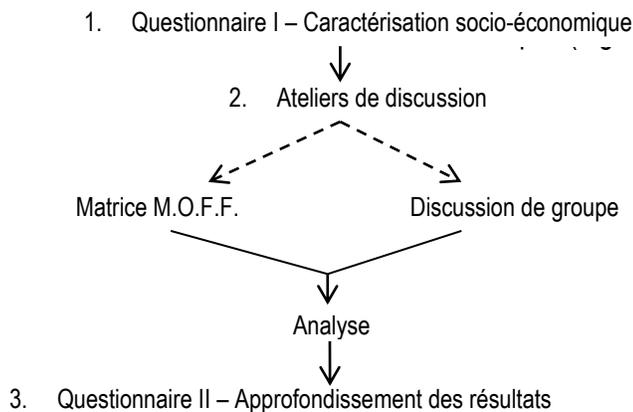
### 2.4.1 Description de la zone d'étude

Villa El Salvador est située dans la grande région métropolitaine de Lima, la capitale du Pérou, qui compte 8 481 415 habitants (INEI 2012). Fondé en 1971, ce district de 381 790 habitants (INEI 2008) présente un taux de pauvreté absolue de 21,9 % (INEI 2009) et fait face à une forte insécurité alimentaire (Villa El Salvador 2006). Villa El Salvador a été développée selon un schéma d'urbanisation minutieusement planifié et est divisée en quatre zones bien identifiées (se référer à la Figure 1.2, p. 9 du présent mémoire).

Villa El Salvador est considérée comme l'une des villes les plus actives et les mieux organisées du grand Lima métropolitain. Pour offrir aux plus démunis une alimentation de base, des cuisines collectives ont été créées au cœur des groupes résidentiels par des comités de femmes. En raison de l'ampleur des besoins créés par la croissance urbaine, le programme gouvernemental de sécurité alimentaire *Olla común* a intégré ces initiatives locales à son réseau de distribution de vivres de première nécessité. D'autres programmes ont également été implantés, dont le *Vaso de leche* qui vise à assurer un repas matinal aux enfants. Ce dépannage alimentaire offre toutefois une diète basée sur le riz, la farine et les pâtes alimentaires, riche en lipides et en carbohydrates et pauvre en protéines, en vitamines et en micronutriments. De telles carences accentuent le problème d'insécurité alimentaire chez les plus nécessiteux en négligeant la qualité de leur nutrition.

### 2.4.2. Collecte et analyse de données

La collecte de données, basée sur une méthodologie de type exploratoire, combinait l'utilisation d'ateliers de discussion et d'entrevues individuelles (Figure 2.1.). Le recrutement des participants s'est effectué en partenariat avec l'ONG péruvienne *IPES/Promoción del desarrollo sostenible*, active depuis 2002 dans les secteurs d'activités de l'agriculture et de la foresterie urbaines à Villa El Salvador. Selon les recommandations de l'ONG, quatre groupes communautaires ont été ciblés en raison de leur dispersion sur le territoire municipal et de la diversité de leurs missions. La sélection incluait deux comités environnementaux chargés du développement de leur parc de quartier, un programme communautaire de lutte contre la pauvreté par la production de jeunes arbres et une cuisine collective contribuant à la lutte contre l'insécurité alimentaire. Dans chaque groupe, les participants ont été sélectionnés en fonction de leur compréhension des enjeux associés aux questions sociales et environnementales de leur milieu de vie, ainsi que de leur dévouement pour le développement durable de leur communauté. Ils devaient habiter le groupe résidentiel où se situait le parc public sous étude et démontrer un grand intérêt pour les activités de recherche proposées.



**Figure 2.1.** Les trois étapes de la méthodologie de recherche utilisée

Les participants ont d'abord été invités à répondre à un court questionnaire de caractérisation socio-économique, développé en suivant les recommandations de Cavendish (2002) et Colton et Covert (2007), de même qu'en s'inspirant des exemples proposés par Chavarria (2009) et USAID (2009). L'enquête s'est déroulée entre les mois de mai et novembre 2010. Un total de 31 personnes, soit 23 femmes et 8 hommes âgés de 36 à 75 ans, ont participé aux activités de recherche. En se basant sur le concept de saturation, soit le point où aucun nouveau concept n'émerge des réponses offertes (Curry *et al.* 2009), le nombre de

personnes échantillonnées est conforme aux valeurs retrouvées au sein de la littérature scientifique en recherche sociologique. Par exemple, Curry *et al.* (2009) suggèrent que la réalisation de 20 à 30 entrevues individuelles devrait permettre l'atteinte de la saturation. Pour sa part, Mason (2010), après avoir analysé les travaux de 2533 projets de recherche de niveau doctoral publiés entre 1716 et 2009 en Grande-Bretagne, conclut que 80 % des auteurs adhéraient à la recommandation de Bertaux (1981, cité par Mason 2010, p. 9) voulant qu'un échantillonnage comprenne au moins 15 participants, et 85 % suivaient la recommandation de Ritchie *et al.* (2003, cité par Mason 2010, p. 9) suggérant qu'un échantillon n'avait pas à contenir plus de 50 participants. Le questionnaire a été testé auprès de trois participants avant d'être soumis à l'ensemble de l'échantillon. Les résultats ont été analysés par codification et compilés dans une base de données créée à l'aide du logiciel Excel 2007.

Les participants des 4 groupes communautaires ont ensuite été regroupés au sein de 3 ateliers de discussion comportant 8, 10 et 13 participants. Dans un premier temps, une analyse des menaces, des opportunités, des forces et des faiblesses (M.O.F.F.) liées au développement d'un projet de production alimentaire basé sur la plantation d'arbres nourriciers au sein de parcs publics a été réalisée. Par la suite, une discussion de groupe a permis d'aborder les thèmes de la gestion communautaire des systèmes arborés, des modes de distribution des denrées, de même que des facteurs facilitateurs et limitatifs pouvant influencer le succès de cette stratégie de production alimentaire.

Les résultats la matrice M.O.F.F. ont été analysés à l'aide du processus de hiérarchisation analytique (P.H.A), un outil d'aide à la décision initialement développé par Saaty (1977 ; voir aussi Forman et Peniwati 1998 et Saaty 2008) et largement utilisé dans le domaine de la planification de la gestion forestière (Kurttila *et al.* 2000). Une brève explication de cette méthode est donnée ici, mais les lecteurs pourront se référer à Kurttila *et al.* (2000) et Saaty (2008) pour plus de détails.

L'adaptation du P.H.A à l'analyse M.O.F.F. permet de hiérarchiser d'une manière systématique les facteurs identifiés en plénière, puis d'en dériver une série de données quantitatives qui offriront un éclairage nouveau sur l'importance accordée à chacun (Kurttila *et al.* 2000). Au sein de chaque catégorie de la matrice M.O.F.F., c'est-à-dire les menaces, les opportunités, les forces et les faiblesses, les cinq facteurs les plus importants aux yeux des participants ont été soumis au P.H.A.

Une matrice de comparaison par paires (A) a été créée pour chaque catégorie de l'analyse M.O.F.F. avec les facteurs prioritaires sélectionnés (Formule 2.1). Une valeur entre 1 et 9 a été accordée à chaque facteur ( $w_n$ ), définie selon le degré d'importance que prend le facteur étudié lorsqu'il est comparé aux autres facteurs sélectionnés : une valeur de 1/9 indique une très faible importance du premier facteur comparé au second, 1/1 (ou 1) indique une importance égale entre les deux facteurs comparés et une valeur de 9/1 (ou 9) indique une importance absolue du premier facteur par rapport au second (Saaty 2008).

$$A = (a_{ij}) = \begin{pmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & w_1/w_3 & \dots & w_1/w_n \\ \text{(ou 1)} & & & & \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & w_2/w_3 & \dots & w_2/w_n \\ & \text{(ou 1)} & & & \\ w_3/w_1 & w_3/w_2 & w_3/w_3 & \dots & w_3/w_n \\ & & \text{(ou 1)} & & \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & w_n/w_3 & \dots & w_n/w_n \\ & & & & \text{(ou 1)} \end{pmatrix} \quad \text{Formule 2.1}$$

Où  $w = 1-9$

Le carré de la matrice a ensuite été calculé grâce à la fonction MMULT du logiciel Excel 2010 de Microsoft. Un ratio de constance (RC) a également été calculé pour chaque matrice (Formule 2.2).

$$RC = 100(CI/ACI) \quad \text{Formule 2.2}$$

Où  $CI = (\lambda_{max} - n)/(n-1) = \text{indice de constance}$

$\lambda_{max}$  = la somme de chaque colonne du carré de la matrice multipliée par le facteur de priorité ( $\lambda_{max} \geq n$ )

$n$  = nombre de colonnes = nombre de lignes

ACI = indice de constance moyen associé aux comparaisons par paires aléatoires. Ce facteur varie selon la taille de la matrice (voir Saaty 1980, cité par Kurttila et al. 2000).

L'exercice de comparaison par paire a été repris lorsque le RC était supérieur à 10 %, soit le seuil d'inconstance considéré acceptable par Saaty (2008). Une dernière matrice de comparaison par paire a été créée avec le facteur le plus important de chaque catégorie de l'analyse M.O.F.F., soit les menaces, les opportunités, les forces et les faiblesses. Cette étape visait à déterminer l'indice de priorité de chaque catégorie par rapport aux trois autres. L'indice de chaque facteur individuel était ensuite multiplié par celui de sa catégorie pour en calculer la cote globale. La priorisation des facteurs par paires a été réalisée par les chercheurs, en se basant sur les priorités énoncées par les participants dans le cadre des ateliers de discussion.

Les discussions de groupe ont ensuite permis d'identifier les objectifs visés par une éventuelle participation des répondants à la gestion des systèmes arborés, en plus d'évaluer leur perception face à la faisabilité réelle du projet d'implantation d'arbres nourriciers sur des espaces publics et gérés de façon communautaire.

Une entrevue individuelle dirigée, réalisée à l'aide d'un second questionnaire, a ensuite permis à chaque participant d'approfondir sa réflexion. Ce second questionnaire a été développé selon les résultats des discussions de groupe, avec l'objectif d'approfondir la vision de chaque répondant. Le questionnaire abordait les aspects de la valeur attribuée par le répondant à la présence d'arbres dans son environnement, de son intérêt envers différents types de produits issus des arbres nourriciers, de même que des stratégies possibles de gestion des systèmes arborés et des produits récoltés. Les répondants ont également été invités à se prononcer sur leur perception de la faisabilité de la stratégie de foresterie urbaine proposée. Le questionnaire, qui a été testé auprès de trois participants avant d'être soumis à l'ensemble de l'échantillon, présentait une combinaison de questions ouvertes et à choix multiples, ainsi que des échelles de valeurs (Louviere *et al.* 2000, Holmes et Adamowicz 2003, Powe 2007). Une analyse descriptive des résultats a été effectuée. Un total de 21 participants a répondu au questionnaire.

Pour vérifier l'atteinte de la saturation, les données ont été constamment comparées entre elles tout au long du processus méthodologique. Une redondance dans les réponses a été observée pour chaque méthode de collecte de données, suggérant un fort consensus parmi les participants par rapport aux concepts abordés.

## **2.5 Résultats**

### **2.5.1 Caractéristiques socioéconomiques des participants**

Le tableau 2.1 présente les principales caractéristiques socio-économiques du groupe de participants. La pauvreté et l'insécurité alimentaire sont importantes au sein de l'échantillon, 71 % des familles mentionnant qu'il est très ou assez difficile de satisfaire leurs besoins en nourriture. La moitié des participants affirment avoir été obligés de recourir à un emprunt financier au cours des 30 derniers jours pour acheter des vivres et 26 % ont recours à l'aide alimentaire de façon régulière. De plus, 71 % des participants sont sans emploi ou sous-employés et 52 % gagnent un salaire égal ou inférieur à 550 soles par mois (US\$ 195), équivalent au seuil de rémunération vitale en vigueur en 2010 (SUNAT s.d.). Il est à noter que 39 % des répondants pratiquent une certaine forme d'agriculture à domicile.

**Tableau 2.1.** Caractéristiques socioéconomiques des participants par groupe de discussion et pour l'ensemble de l'échantillon

	Résultats par groupes			Résultats totaux	
	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Total (n)	Total (%)
Nombre de participants au sein du groupe	13	10	8	31	100
Sexe : Féminin (Masculin)	7 (6)	9 (1)	7 (1)	23 (8)	74 (26)
Lieu de naissance : Lima (Hors de Lima)	7 (6)	7 (3)	6 (2)	20 (11)	65 (35)
Revenu familial mensuel moyen égal ou inférieur à 550 soles <sup>1</sup>	7	7	2	16	52
Type d'emploi					
<i>Sans emploi</i>	3	3	2	8	26
<i>Occasionnel</i>	6	6	2	14	45
<i>Temps plein</i>	4	1	4	9	29
Nombre de personnes dans le ménage (moyenne)	4,5	6,6	6,5	5,7	-
Difficulté à satisfaire ses besoins alimentaires					
<i>Très difficile</i>	3	9	5	17	55
<i>Assez difficile</i>	3		2	5	16
<i>Assez facile</i>	4	0	0	4	13
<i>Très facile</i>	3	1	1	5	16
Emprunt d'argent dans les derniers 30 jours pour acheter des vivres	5	7	4	16	52
Bénéficiaires réguliers de l'aide alimentaire	2	4	2	8	26
Culture à domicile de produits alimentaires	5	1	6	12	39

<sup>1</sup>US\$ 195, équivalent au seuil de rémunération vitale en vigueur en 2010 (SUNAT s.d.)

## 2.5.2 Analyse M.O.F.F. et P.H.A.

Au cours des ateliers de discussion, l'analyse M.O.F.F. a permis d'identifier une série de facteurs pouvant influencer de façon positive ou négative, aux dires des répondants, le développement d'un système arboré productif géré par la population locale. Les résultats du P.H.A sont présentés au tableau 2.2.

**Tableau 2.2.** Indices de priorité et ratio de constance obtenus lors de la conduite du processus de hiérarchisation analytique, selon les résultats de l'analyse des menaces, des opportunités, des forces et des faiblesses

Groupes	Indice de priorité du groupe	Facteurs	RC <sup>1</sup>	Indice de priorité du facteur au sein du groupe	Indice de priorité du facteur
Menaces	0,2268	Conflits liés à la distribution des denrées récoltées	10%	0,3586	<b>0,0813<sup>3</sup></b>
		Vols de produits		0,3361	<b>0,0762</b>
		Possibles maladies des arbres entraînant la perte de la production		0,1392	0,036
		Perte à long terme de l'appui de la municipalité		0,0875	0,0198
Opportunités	0,0444	Marché local pour les produits des arbres	7%	0,3866	0,0172
		Présence de cuisines collectives et de programmes de sécurité alimentaire		0,3836	0,0170
		Le verdissement des parcs fait partie du Plan de développement de VES		0,1288	(0,0057)
		Présence d'ONGs et de compagnies privées intéressées à appuyer VES <sup>2</sup>		0,0713	(0,0032) <sup>4</sup>
Forces	<b>0,5893</b>	Comités environnementaux sensibilisés	5%	0,5416	<b>0,3191</b>
		Appui municipal		0,2568	<b>0,1513</b>
		Enthousiasme des participants		0,1558	<b>0,0918</b>
		Participation des femmes chargées des cuisines collectives		0,0459	0,0270
Faiblesses	0,395	Les normes ne sont pas respectées par la population	8%	0,4885	<b>0,0681</b>
		Insécurité		0,2757	0,0385
		Les jeunes ne s'impliquent pas beaucoup		0,1261	0,0176
		Manque de ressources économiques et de temps de la part des habitants du groupe résidentiel		0,0820	(0,0114)

<sup>1</sup>Ratio de constance =  $100(CI/ACI)$ , où CI correspond à l'indice de constance ( $CI=(\lambda_{max} - n)/(n-1)$ ) (où  $\lambda_{max} \geq n$ ) et ACI est l'indice de constance moyen associé aux comparaisons par paires aléatoires.

<sup>2</sup>Villa El Salvador

<sup>3</sup>Le caractère gras identifie les six facteurs ayant obtenu les rangs de priorités les plus élevés

<sup>4</sup>Les parenthèses identifient les trois facteurs ayant obtenu les plus faibles rangs de priorité

Les résultats montrent que des facteurs du groupe des forces ont obtenu les trois indices de priorité les plus élevés. Le fait de compter sur des comités environnementaux sensibilisés et sur l'appui de la municipalité pour la réalisation du projet, de même que sur l'enthousiasme des participants pour

entreprendre un travail audacieux sont considérés comme les facteurs les plus déterminants pour favoriser le succès de la stratégie de production alimentaire. Deux facteurs du groupe des menaces, soit la crainte de subir des vols de produits et la perspective de générer des conflits parmi les habitants du quartier en lien avec la distribution des denrées récoltées, ont également obtenu des indices de priorité parmi les plus élevés et pourraient, selon les participants, influencer négativement l'issue du projet. Un facteur du groupe des faiblesses, soit le non respect des normes par la population, a également obtenu un indice de priorité élevé. À l'opposé, la présence d'ONGs ou d'entreprises privées ayant la capacité d'appuyer le développement des systèmes arborés productifs, de même que le manque de temps et de ressources économiques des habitants du groupe résidentiel ne sont pas considérés comme étant particulièrement influents, tout comme l'importance accordée au verdissement des parcs dans le Plan municipal de développement de Villa El Salvador.

### 2.5.3 Intérêts et objectifs poursuivis *via* la participation au projet

Les résultats liés à l'importance accordée par les répondants à la présence d'arbres, aux types de produits pouvant être obtenus et au mode de distribution des produits à privilégier sont présentés au tableau 2.3. Les résultats montrent que les participants accordent une place prépondérante à la présence d'arbres dans leur environnement et d'arbres nourriciers en particulier. On constate également que l'obtention de produits à forte valeur nutritive est considérée essentielle, attestant de l'importance accordée par les répondants à une bonne alimentation. La production de fruits et de produits ayant des vertus médicinales et traditionnelles a également obtenu un score élevé. Le potentiel commercial associé aux denrées récoltées revêt également un intérêt appréciable. Les résultats montrent de plus que les participants priorisent l'amélioration de leur situation personnelle et familiale grâce à la consommation ou à la vente des produits, tout en accordant une importance appréciable à la possibilité de soutenir les programmes d'aide alimentaire de leur quartier. À l'opposé, les participants se montrent généralement peu enclins à permettre à tout utilisateur du parc, en particulier à ceux qui ne proviennent pas du groupe résidentiel, de consommer librement les produits des arbres.

**Tableau 2.3.** Intérêt accordé par les participants aux arbres, aux types de produits obtenus des arbres nourriciers et au mode privilégié pour la distribution des produits récoltés

<b>Facteurs</b>	<b>Score<sup>1</sup></b>
<b><i>Présence d'arbres</i></b>	
Présence d'arbres dans l'environnement immédiat	5,7
Présence d'arbres nourriciers	5,6
<b><i>Types de produits des arbres nourriciers</i></b>	
Produits à haute valeur nutritive	5,9
Fruits	5,5
Produits aux vertus médicinales et traditionnelles	5,5
Produits à haute valeur et potentiel commercial	5,3
<b><i>Mode de distribution des produits</i></b>	
Consommation personnelle ou familiale	5,1
Vente par le producteur sur le marché local	4,6
Dons de produits aux programmes locaux d'aide alimentaire	4,2
Consommation par tout utilisateur du parc provenant du groupe résidentiel	1,3
Consommation par des utilisateurs du parc ne provenant pas du groupe résidentiel	0,8

Échelle de Likert, 1 signifiant une faible importance et 6 indiquant une priorité absolue

<sup>1</sup>. Moyenne des répondants, n = 21.

#### 2.5.4 Motivation des répondants et faisabilité

Le tableau 2.4 présente quatre blocs de données décrivant divers aspects liés aux motivations des répondants à prendre part aux activités de gestion des systèmes arborés et au potentiel de réalisation d'une telle stratégie productive. On y traite : (A) des objectifs poursuivis par les participants ; (B) de leurs intentions vis-à-vis de la distribution des produits récoltés ; (C) des stratégies priorisées pour assurer une bonne gestion communautaire des systèmes arborés ; et (D) de la faisabilité associée à un tel projet.

**Tableau 2.4.** Proportion des répondants, en pourcentage, mentionnant une préférence pour les facteurs énumérés par rapport : (A) aux objectifs visés par une participation au projet ; (B) à leurs intentions concernant la distribution des produits récoltés ; (C) aux stratégies prioritaires pour assurer une bonne gestion communautaire des systèmes arborés ; et (D) à la faisabilité associée à un tel projet.

<b>A. Objectifs poursuivis</b>	<b>%</b>	<b>C. Gestion des systèmes productifs</b>	<b>%</b>
<i>Priorités</i>		<i>Entretien des systèmes arborés</i>	
Sécurité alimentaire de la famille	42	Comité environnemental du quartier	52
Aide alimentaire pour le groupe résidentiel	38	Groupe de producteurs constitué pour l'occasion	48
Amélioration de la sécurité économique	20	Groupes en charge de l'aide alimentaire	0
<i>Vente et autoconsommation</i>		<i>Partage des tâches</i>	
Aucune intention de vendre	25	Gestion individuelle des arbres	0
Vente si non consommé	30	Gestion par sous-groupes de producteurs	38
Consommation si non vendu	25	Gestion par tous les producteurs, selon une logique communautaire	62
Vente de l'ensemble de la production	20		
<b>B. Distribution des produits</b>		<b>D. Faisabilité du projet</b>	
	<b>%</b>		<b>%</b>
Disponibles aux producteurs seulement	33	<i>Mise en œuvre du projet</i>	
Offerts aux programmes de sécurité alimentaire		Impossible	0
- Une partie de la production totale	62	Difficile	52
- La totalité de la production	5	Facile	48
		<i>Intérêt de la population du groupe résidentiel</i>	
		Intéressera la majorité ou la totalité des habitants	38
		Intéressera un nombre restreint d'habitants	62
		N'intéressera personne	0

L'identification des objectifs qui devraient être poursuivis par le projet (Tableau 2.4.A) montre clairement que la question alimentaire constitue, pour les participants, une préoccupation primordiale, 80 % d'entre eux en faisant mention comme une de leurs priorités. L'étude des intentions de commercialisation montre quant à elle que le quart des répondants mentionne n'avoir aucune intention de vendre les denrées récoltées, alors que les autres prévoient profiter de l'abondance des produits pour générer des bénéfices économiques. Les stratégies proposées pour la distribution des produits (Tableau 2.4. B) sont cohérentes avec les objectifs poursuivis par les répondants, une majorité (67 %) considérant important d'offrir au moins une partie de la production aux programmes de sécurité alimentaire du quartier.

En ce qui a trait à la gestion des systèmes arborés productifs (Tableau 2.4. C), on constate que la totalité des répondants est en faveur d'une certaine forme de responsabilité communautaire. La moitié des participants (52 %) considère que ce sont les comités environnementaux qui devraient être en charge de la

gestion des systèmes productifs, alors que 48 % croient plutôt que cette gestion devrait être assurée par un groupe d'habitants du quartier spécialement formé. Il est intéressant de noter qu'aucun répondant n'a considéré opportun de confier la gestion des systèmes arborés aux groupes impliqués dans la distribution de l'aide alimentaire, tels que les cuisines collectives.

Finalement, les résultats du questionnaire montrent une certaine crainte des participants quant à la faisabilité d'un tel projet productif sous gestion communautaire (Tableau 2.4. D). La moitié (52 %) des répondants croit que le projet sera difficile à réaliser, alors que 48 % croient plutôt que sa mise en œuvre sera facile. Selon 62 % des répondants, un tel projet n'intéressera qu'un nombre restreint d'habitants du groupe résidentiel, alors que 38 % d'entre eux sont convaincus que ce projet a le potentiel d'intéresser la majorité ou la totalité de la population locale. Il est à noter que 90 % des répondants se sont dits confiants que la municipalité offrira le support proposé pour favoriser le succès des systèmes arborés de production alimentaire. La presque totalité d'entre eux (95 %) croit également que les participants respecteront leurs engagements en lien avec la gestion du système productif, ce qui devrait en favoriser le succès.

### 2.5.5 Influence de l'insécurité alimentaire sur les objectifs visés

On a ensuite analysé si le niveau d'insécurité alimentaire ressenti par les répondants avait un impact sur les objectifs poursuivis et les stratégies de gestion prioritaires (Tableau 2.5). Les résultats montrent que quatre bénéficiaires de l'aide alimentaire sur cinq, soit 80 % d'entre eux, priorisent l'amélioration de leur propre situation ou celle de leur famille par la consommation ou la vente des produits récoltés. En comparaison, seulement huit non bénéficiaires de l'aide alimentaire sur seize, soit 50 % d'entre eux, font de même. On note également que trois bénéficiaires de l'aide alimentaire sur cinq (60 %) priorisent l'autoconsommation des produits, contre huit sur quinze (53 %) dans le cas des non bénéficiaires. Il est intéressant de noter que l'ensemble des bénéficiaires de l'aide alimentaire mentionne qu'il faudrait vendre au moins une partie des produits récoltés, ce qui indique une préoccupation pour assurer une valorisation économique des denrées.

**Tableau 2.5.** Objectifs qui devraient être poursuivis par le projet et stratégies de gestion des produits à privilégier selon l'intensité de l'insécurité alimentaire ressentie par les répondants

	Nombre de répondants					
	Bénéficiaires d'aide alimentaire		Difficulté à satisfaire ses besoins alimentaires			
	Bénéficiaires (n = 5)	Non bénéficiaires (n = 16)	Très difficile (n = 13)	Assez difficile (n = 3)	Assez facile (n = 2)	Très Facile (n = 3)
<i>Objectif poursuivi</i>						
Sécurité alimentaire de la famille	2	6	4	2	1	1
Aide alimentaire pour le groupe résidentiel	1	8	6	1	1	1
Amélioration de la sécurité économique	2	2	3	0	0	1
<i>Stratégie de gestion des produits</i>						
Aucune intention de vendre	0	5	2	0	1	2
Vente si non consommé	3	4	4	2	1	0
Consommation si non vendu	1	4	3	1	0	1
Vente de l'ensemble de la production	1	3	4	0	0	0

Les résultats montrent également que près de la moitié (6/13) des répondants faisant mention d'une difficulté récurrente à satisfaire leurs besoins nutritifs priorisent la bonification des programmes d'aide alimentaire locaux grâce au partage des produits obtenus des systèmes productifs. De façon générale, on observe une plus forte tendance à prioriser la vente chez les répondants faisant mention d'une difficulté à combler leurs besoins alimentaires, 88 % d'entre eux (14/16) s'intéressant à la vente d'au moins une partie des denrées récoltées, comparativement à deux répondants sur cinq pour ceux considérant avoir assez ou beaucoup de facilité à satisfaire leurs besoins alimentaires.

## 2.6 Discussion

Cette étude visait à identifier les objectifs incitant la population locale à participer aux activités de gestion de systèmes de production alimentaire basés sur la plantation d'arbres nourriciers au sein de parcs publics de quartiers à Villa El Salvador, au Pérou. On cherchait à déterminer leurs plus importantes motivations et à identifier les principaux facteurs facilitateurs et contraignants pouvant influencer le succès de cette stratégie de foresterie urbaine. Les résultats de l'étude montrent que la mise en place d'un système de production alimentaire au cœur des parcs publics de quartiers à Villa El Salvador intéresse la population locale, les hommes comme les femmes, sans différence majeure apparente entre les représentants des diverses classes socio-économiques.

Selon les répondants, le principal facteur favorisant l'implication des résidents aux activités productives est la perspective d'améliorer l'aspect qualitatif de la sécurité alimentaire de leur famille. Pour cette raison, ils accordent une importance particulière au fait de planter des arbres dont les produits présentent une haute valeur nutritive. La valeur commerciale des produits, liée à la perspective d'obtenir des revenus d'appoint grâce à la vente des récoltes, n'a qu'une importance secondaire pour la majorité des participants. Les résidents désireux d'agir en faveur de la qualité de l'aide alimentaire offerte au sein de leur quartier, par exemple les femmes impliquées dans les programmes de cuisines collectives, montrent également un grand intérêt pour l'implantation d'arbres nourriciers au sein des parcs de leur quartier. Selon les résultats de l'étude, une très forte majorité des répondants est préoccupée par l'amélioration de la qualité de l'aide alimentaire locale, démontrant leur solidarité envers les plus démunis. Il semble d'ailleurs que les représentants des classes sociales les plus élevées ne privilégient pas la vente de produits récoltés et favorisent plutôt le partage avec les plus nécessiteux du quartier.

Les différents éléments de l'enquête ont également montré que le succès de cette stratégie de foresterie urbaine serait étroitement lié, selon les répondants, à la volonté qui anime les producteurs, à l'implication des comités environnementaux locaux et à l'implication de la municipalité. Les participants considèrent ces trois facteurs comme étant prioritaires, puisqu'ils leur permettront de profiter de chaque opportunité, de surmonter les faiblesses et de gérer les menaces qui pourraient contrevenir au succès des projets productifs. Les facteurs contraignants ayant obtenu les plus forts indices de priorité, soit les vols de produits, le non respect des normes par la population locale et la possibilité de mésentente par rapport à la distribution des produits, menacent cette volonté collective en risquant de générer certains conflits de taille au sein des groupes de producteurs ou de la communauté.

Le vol de produits et le non respect des normes établies doivent donc être anticipés et gérés avec soin dès la mise en place des systèmes arborés productifs. Pour y parvenir, il importe d'assurer une intégration adéquate de cette stratégie de foresterie urbaine à la politique de quartier développée par l'ensemble de la communauté locale. Ce concept urbanistique, qui fait référence « au choix par lequel le [quartier] se réalise à travers une idée de [quartier] qui lui est propre » (Rossi 2001), repose sur la mobilisation des habitants autour d'un objectif commun et favorise le développement d'un sentiment d'appartenance de la population locale envers son milieu de vie. Selon une telle figure, un système de production dont l'objectif unique

serait, par exemple, la vente des produits au profit des seuls producteurs impliqués dans la gestion des systèmes arborés, ne pourrait s'implanter dans un quartier où la politique commune vise le développement de projets permettant l'amélioration de la qualité de vie de tous, selon les principes de la solidarité et de l'entraide. Il est donc important d'établir clairement l'objectif général visé par l'implantation du système productif afin de s'assurer qu'il respecte la vision commune encadrant le développement du parc de quartier.

La possibilité de conflits en ce qui a trait à la distribution des produits récoltés est quant à elle étroitement liée à la question de la propriété des récoltes. En effet, dans le contexte d'activités productives réalisées au sein d'un parc public par un groupe restreint d'habitants à la recherche d'une opportunité pour améliorer leur situation alimentaire, on peut se demander à qui doivent revenir les droits sur les produits récoltés. Comme tous les habitants du quartier défraient annuellement les coûts d'une taxe municipale pour le développement et l'entretien des espaces verts, ils devraient, selon une logique de biens publics, avoir un droit d'accès à une partie des denrées produites. Pourtant, lorsqu'on s'attarde aux principaux objectifs motivant la participation des répondants aux activités de gestion des systèmes arborés, l'intérêt de la majorité d'entre eux est mû par la perspective d'en retirer personnellement des produits alimentaires, dans un but de consommation ou de vente. Nous pouvons donc en déduire que les participants s'attendent, d'une certaine façon, à rémunérer ainsi leurs efforts, selon une logique de gain privé. Une telle différence de perception, si elle n'est pas abordée consciencieusement dès l'initiation du projet, risque d'entraîner un paradoxe public-privé qui pourrait générer certains conflits entre les différents acteurs locaux. Pour contrer ce problème, le partage d'une certaine proportion des produits récoltés avec les programmes d'aide alimentaire établis au sein de chaque quartier pourrait être envisagé. En fait, une forte proportion des répondants semble séduite par une telle idée.

La volonté de partage exprimée par une partie des répondants ne semble toutefois viser que les résidents du quartier les plus nécessiteux. En effet, la possibilité de distribuer les produits auprès de tout utilisateur du parc, faisant face ou non à une situation d'insécurité alimentaire, est loin de faire l'assentiment, comme le montre le score très faible obtenu par cette option sur l'échelle de Likert, en particulier lorsqu'il est question de non résidents du quartier. Selon les répondants, les utilisateurs occasionnels du parc qui ne demeurent pas au sein du groupe résidentiel sont, en quelque sorte, considérés comme des étrangers ne devant pas avoir le privilège de bénéficier des produits des arbres.

L'aspect communautaire du projet s'illustre également par la stratégie de gestion priorisée, l'ensemble des participants préférant le travail de groupe. Ils y voient l'avantage de partager les tâches entre tous les producteurs, ce qui, selon eux, favorise un entretien optimal des arbres contre un investissement en temps restreint de la part de chacun. Toutefois, on ne souhaite pas confier cette gestion aux groupes en charge des programmes d'aide alimentaire, ce qui renforce l'idée selon laquelle la possibilité d'obtenir un bénéfice personnel est prioritaire face au partage communautaire. On préfère confier la gestion des systèmes arborés aux comités environnementaux locaux, dont la mission principale est de gérer le développement des parcs de quartier, ou à un groupe de producteurs spécialement créé pour se consacrer aux activités productives. On cherche ainsi, d'un côté, à s'assurer que tout habitant du quartier puisse se joindre au groupe de producteurs et, d'un autre côté, à conserver une relative autonomie du groupe sur la stratégie de distribution des produits récoltés.

De façon générale, on constate que les participants aux activités de recherche montrent un fort enthousiasme face à cette stratégie novatrice de production alimentaire au sein des parcs publics de quartier, mais font preuve de certains doutes quant à sa faisabilité. En effet, ils considèrent en majorité que la mise en œuvre d'un tel projet n'intéressera qu'un nombre restreint d'habitants du quartier. Les avis sont par ailleurs partagés en ce qui concerne la facilité de la mise en œuvre d'une telle initiative. En raison, principalement, de la complexité liée au fait d'implanter un projet de production à caractère privé sur un terrain public, la moitié des répondants estime que cette stratégie de foresterie urbaine sera difficile à réaliser. D'un autre côté, confiants en la volonté des participants, des comités environnementaux et de la municipalité, l'autre moitié croit en la facilité de mettre en œuvre les activités productives.

## **2.7 Conclusion**

Les résultats de cette étude démontrent l'intérêt manifesté par les répondants à la perspective de compter sur la présence d'arbres nourriciers au sein de leurs parcs de quartier, afin de bénéficier des produits récoltés pour leur propre consommation ou, dans une moindre mesure, pour la vente sur le marché local. En contexte socio-économique similaire à celui de Villa El Salvador, c'est-à-dire où on observe des organisations communautaires actives, un taux élevé de pauvreté et un intérêt marqué pour la foresterie

urbaine, la plantation d'arbres nourriciers pourrait même représenter une stratégie-clé du développement durable des quartiers afin de lutter contre l'insécurité alimentaire.

Au sein de la région métropolitaine de Lima, de nombreuses municipalités présentent des caractéristiques environnementales et socio-économiques semblables à celles observées à Villa El Salvador, laissant présager un potentiel multiplicateur pour cette stratégie productive. Avec l'augmentation des problèmes sociaux, environnementaux et économiques observés en milieu urbain et l'éclosion périodique de crises économiques et alimentaires, la possibilité de valoriser de façon maximale l'ensemble des espaces urbains pour favoriser une production alimentaire prend de plus en plus d'importance. Il devient donc nécessaire d'accorder un intérêt croissant à l'utilisation d'arbres nourriciers pour favoriser un développement urbain vraiment durable, selon une approche de multifonctionnalité des espaces.

Les études liées à l'implantation d'arbres nourriciers en systèmes productifs au sein des espaces verts urbains n'en étant encore qu'à un stade préliminaire, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour juger de leur réel potentiel. Il importe, entre autres, d'approfondir les connaissances sur les caractéristiques du milieu urbain pouvant avoir une influence positive ou négative sur les rendements des arbres nourriciers, d'évaluer l'impact réel du projet sur la sécurité alimentaire et l'amélioration de la qualité nutritive de la diète de la population locale et d'effectuer une analyse coûts-bénéfices permettant d'en évaluer l'intérêt financier. De plus, le potentiel d'implantation de systèmes arborés de production alimentaire au sein d'autres espaces publics du milieu urbain, tels que les bordures de rues et d'avenues et les terrains d'édifices municipaux, pourrait lui aussi faire l'objet d'analyses de faisabilité.

# Chapitre 3 Profitability of food trees planted in urban public green areas

Mariève Lafontaine-Messier<sup>1</sup>, Nancy Gélinas<sup>2</sup>, Alain Olivier<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Département de phytologie, Université Laval, Québec

<sup>2</sup> Département des sciences du bois et de la forêt, Université Laval, Québec

## 3.1 Résumé

La plantation d'arbres nourriciers au sein de parcs de quartiers et autres espaces verts urbains gagne en popularité en tant que stratégie favorisant le développement durable des villes. Cet article étudie le potentiel financier lié à cette stratégie productive au sein de deux espaces verts publics de quartiers à Villa El Salvador, au Pérou. La valeur actuelle nette (VAN), le ratio bénéfices : coûts (B:C) et le flux monétaire annuel équivalent (FMAE) ont été calculés pour évaluer la performance financière de deux exemples de systèmes arborés productifs pour deux parcs publics de quartiers. Les résultats montrent que pour une municipalité, il est justifié, d'un point de vue financier, d'intégrer le concept des arbres nourriciers à son programme de foresterie urbaine. Du côté des producteurs, toutefois, les bénéfices monétaires sont limités, ce qui laisse croire que l'argument financier pourrait ne pas être suffisant pour favoriser la participation citoyenne aux activités d'entretien des arbres.

## 3.2 Abstract

The plantation of food trees within local parks and other public urban green areas is starting to gain in popularity as a strategy to enhance the sustainable development of cities. This paper investigates the financial potential of the establishment of food trees in urban public green areas of Villa El Salvador, Peru. Net Present Value (NPV), Benefit-Cost Ratio (BCR), and Equivalent Annual Cash Flow (EACF) were calculated to evaluate the financial performance of two designs of productive tree systems drawn to scale for two local public parks. Results provide evidence advocating the financial relevancy for a municipality to include food trees as part of its urban forestry program. For a group of local producers, however, the financial benefits to expect were limited, a result suggesting that the financial argument is not strong enough to foster their participation.

### 3.3 Introduction

Food trees are defined as trees producing seeds, fruits, leaves, forage or other edible goods (Bellefontaine *et al.* 2001). Their use as part of urban forestry programs is starting to gain attention as a tool for the creation of multifunctional urban spaces in local parks and other public green areas. However, the potential of food trees to convert the urban tree cover into a financial opportunity for a city and its population has, to our knowledge, not been studied to date.

Urban forestry is generally described as “*the art, science and technology of managing trees and forest resources in and around urban community ecosystems for the physiological, sociological, economic, and aesthetic benefits trees provide society*” (Helms 1998, p. 193, cité par Konijnendijk *et al.* 2006, p. 95). Urban trees are mainly praised for their positive impacts on decreasing urban heat, reducing air contamination, and greatly enhancing quality of life within cities (Brack 2002, Nowak & Dwyer 2007, Carreiro 2008, Centre for Liveable Cities & Urban Land Institute 2013, Seamans 2013). Due to the diversity of benefits provided, urban forestry is gaining recognition as a major tool for the sustainable development of cities.

In the past years, food trees have been successfully introduced in urban forestry community projects. For instance, the *Chicago Rarities Orchard Project* aims at planting rare food trees in an urban public area in Chicago (USA) to create a living seedbank and an educational center (Chicago Rarities Orchard Project 2009). *City Fruit*, a non-profit corporation located in Seattle (USA), helps tree owners to develop the skills and knowledge necessary to grow urban fruit trees on public or private properties, for themselves and their community (City Fruit 2013). The *Beacon Food Forest*, also located in Seattle, promotes the creation of a food forest for community gardening purposes, combining the design techniques of landscape architecture and permaculture (Friends of the Beacon Food Forest s.d.). Other initiatives like *Gorbals*, located in Glasgow (Scotland) (Morris 2011), and *Fallen Fruit*, located in Los Angeles (USA) (Fallen Fruit s.d.), use food trees as part of cultural projects for their powerful significance as a sustainable resource for community development. Most of these projects refer to the concept of community forestry, under which “tree planting on a public land is undertaken by a community and based on people’s direct participation”, and social forestry, stating that trees are planted “especially for social benefits” (Long and Nair 1999).

To this day, a great deal of literature has been produced to document the wide positive impacts of food production within cities at social, environmental and economic levels (Mougeot 2006, Cohen & Garrett 2009, Dubbeling *et al.* 2010, Kutiwa *et al.* 2010). However, this variety of studies has mainly focused on small-scale horticultural projects located on private plots in urban and peri-urban areas. Among the scientific community, the potential of urban trees to offer edible products is just starting to draw researcher's attention (Valaski *et al.* 2008). Fruit trees have been inventoried in urban homegardens or public areas, and sometimes studied as a way to improve food security (Madaleno 2000, Makumbelo *et al.* 2002, Semedo and Barbosa 2007, Lourdes 2009), but they are usually not referred to as part of productive tree systems with the goal to generate financial benefits for local producers or a municipality.

This paper seeks to evaluate the profitability that could be related to the use of food trees in urban public green areas. It focuses on the benefits that can be expected for small groups of local inhabitants involved in the food production activities, and for a municipality adopting this plantation strategy as part of its urban forestry program. Based on two designs of tree systems developed in two green areas of Villa El Salvador, we calculated the profitability related to the use of food trees from two points of view: first, a small group of local producers, participating in the tree care and management activities, and second, a municipality, adopting this plantation strategy as part of its urban forestry program. Two hypotheses were evaluated. The first one suggests that for small groups of local producers involved in the management and care of the tree systems, the possibility to harvest edible products could lead to financial benefits for them and their families. The second hypothesis suggests that the involvement of the local inhabitants in the maintenance and care of public green areas allows a municipality to save expenses in human resources and inputs.

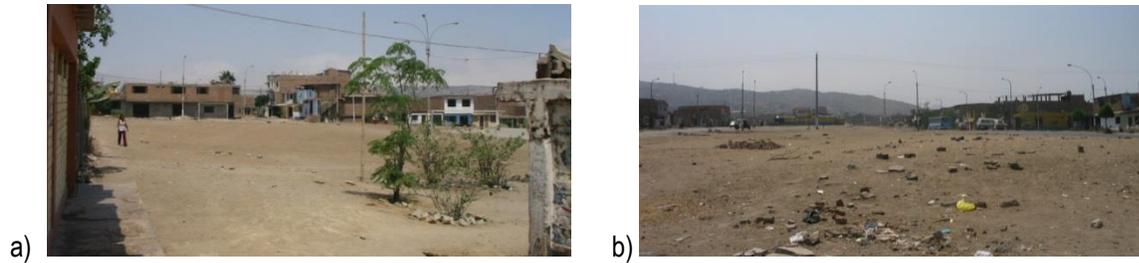
## **3.4 Method**

### **3.4.1 Description of the studied area**

Refer to section 1.4, p. 7 of this thesis.

The research activities included in this project were held on two public green areas of Villa El Salvador. The first area studied was located on a 0.5 hectare public park in the heart of a residential group (Figure 3.1a), where were found two small football fields and a community center. The second area was a 0.5 hectare

plot of land located in the central area of a mildly transited avenue (Figure 3.1b), that was intended for pedestrian and cycling circulation, and was completely free from buildings or any type of infrastructure.

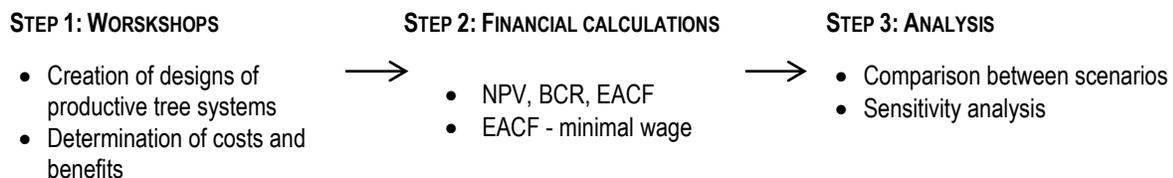


**Figure 3.1.** Studied areas. a) Local green area in the heart of a residential group. b) Public plot of land in the central area of a mildly transited avenue.

### 3.4.2 Methodological approach

The selection of participants was done under the recommendations of the NGO *IPES/Promoción del desarrollo sostenible*, working since 2002 in Villa El Salvador with projects related to urban agriculture and forestry, as well as environmental education. Local community groups were approached *via* their person in charge, and an open invitation was sent to all their members. The participants were then selected based on their motivation to engage in the project. Four community groups were selected based on their committed work for the sustainable development of their residential groups, and a total of 31 persons participated in the research activities: 10 and 8 participants from two environmental groups in charge of the development of their local public park; 5 participants from a community-based entrepreneurship project fighting poverty through the production of tree saplings; and 8 participants from a collective kitchen that is part of a nationwide food security program financed by the Peruvian federal government.

Research activities were conducted in three main steps (Figure 3.2).



**Figure 3.2.** Main steps of the research activities.

### *Step 1: Workshops*

Two workshops were held in each area studied to develop hypothetical examples of food tree systems that could be cultivated by a local group of producers.

#### Workshop 1: Creation of designs

The first workshop aimed at creating two designs of productive tree systems, one for each local green area selected. These designs were meant to provide the basic information required for the financial analysis planned as the third step of the research project. Tree species were selected following four criteria: 1- resistance to pests and diseases; 2- drought tolerance; 3- salinity tolerance; and 4- intensity of the care necessary for the trees to thrive (requirements for pruning, fertilization, *etc.*). A strong emphasis was put on selecting native trees, well adapted to the climatic conditions of Villa El Salvador. Designs were drawn down-to-scale, taking into account the location of each tree and the urban infrastructures existing or needed.

#### Workshop 2: Description of costs and benefits

The expected costs and benefits, for both the city and the small group of producers, were determined during the second workshop. The costs were identified based on the investments usually made by the municipality to set up a green area, and estimated using the prices on the local market of Villa El Salvador in 2010.

For the municipality, the difference in the cost of planting food trees as compared to planting ornamental trees was determined, to evaluate a possible increase in expenses generated by planting food trees. Then, we calculated the total savings resulting from the involvement of the local producers in the tree care and management activities. Net benefits, calculated by subtracting higher costs from the use of food trees to the total savings, were then calculated for each scenario studied.

For producers, costs represented the expenses generated by their participation to the plantation, care and global management of the tree systems. Benefits were calculated multiplying the expected yields of the tree systems by the price of the products observed in 2010 on the local market of Villa El Salvador (Formula 1) (Ricker *et al.* 1999, Yousefpour and Hanewinkel 2009).

$$R_{(U)(y)} = F_y(1 - L)P \quad \text{Formula 3.1}$$

Where :  $R_{(U)(y)}$  = Expected incomes for the commercialization or self-consumption of the product  $U$ ,  
at year  $y$

$F_y$  = Yields expected at year  $y$ . For tree plantation,  $F_y=0$

$L$  = Loss factor

$P$  = Price per kilogram paid on the local market of Villa El Salvador, in 2010

A loss factor ( $L$ ) of 30%<sup>5</sup> was considered to take into account the expected robberies, the potential lack of care of the trees and the expected yield reduction caused by the austere growing conditions created by the urban context. Calculations were made over a period of 30 years to make sure that a productive plateau was reached for every species. We considered that all the products from the tree systems were sold on the local market and supposed that the forfeiture to commercialization was the opportunity cost for self-consumption. To simplify calculations we did not take into account the secondary products from multiple-use trees or the potential for products transformation in, e.g., juice, jam, and ice cream. Only market prices were taken into account and the environmental benefits related to the use of food trees were not valued.

The total annual incomes ( $R_{(tot)(y)}$ ) expected for each design were then calculated by multiplying the expected annual incomes for the commercialization or self-consumption of the product  $U$  by the number of trees from the same species selected in the design ( $R_{(U)(y)} \times N_{tree_n}$ ), and summing up the aggregated results for every species (Formula 2).

$$R_{(tot)(y)} = \sum \left( \left[ R_{(U)(y)} \times N_{tree_1} \right], \left[ R_{(U)(y)} \times N_{tree_2} \right], \dots, \left[ R_{(U)(y)} \times N_{tree_n} \right] \right) \quad \text{Formula 3.2}$$

Where :  $R_{(tot)(y)}$  = Global expected incomes for the system studied, at year  $y$

$R_{(U)(y)}$  = Expected incomes for the commercialization or self-consumption of the product  $U$ ,  
at year  $y$

$N_{tree}$  = Number of trees for each product

---

<sup>5</sup> 30% is a conservative value based on the experience of local peri-urban fruit tree growers and set in order to anticipate all the possible yield reduction caused by the urban context. Different values of this loss factor were compared as part of the sensitivity analysis conducted as part of this study.

### Step 2: Financial analysis

The financial analysis was performed from two standpoints: 1- a small group of 10 local producers, and 2- the municipality of Villa El Salvador. Three indicators of performance were used: the Net Present Value (NPV), the Benefit-Cost Ratio (BCR), and the Equivalent Annual Cash Flow (EACF). NPV measured the total net benefits at a future period of time  $y$ , actualized to present values (Formula 3). A project is considered profitable when  $NPV > 0$  (Zerbe and Bellas 2006).

$$NPV = \sum_{y=0}^{30} \frac{X_y - C_y}{(1+r)^y} \quad \text{Formula 3.3}$$

Where:  $NPV$  = Net Present Value

$y$  = Year considered

$X_y$  = Benefits of the tree system at year  $y$

$C_y$  = Costs of the productive activities at year  $y$

$(1+r)^y$  = Discount factor, with " $r$ ", the discount rate

BCR corresponds to the sum of the actualized annual benefits divided by the sum of the actualized annual costs (Formula 4) (Rasul and Thapa 2006). This financial indicator is widely used to assess the economic efficiency of a project, which is considered profitable when  $BCR > 1$ .

$$BCR = \frac{\sum_{y=0}^{30} \frac{X_y}{(1+r)^y}}{\sum_{y=0}^{30} \frac{C_i}{(1+r)^y}} \quad \text{Formula 3.4}$$

The Equivalent Annual Cash Flow (EACF) (Formula 5) was then calculated to convert NPV results into annual values (Petrinovic *et al.* 2009). EACF was calculated to facilitate financial comparison between a variety of production periods ( $y$  of 5, 10, 15, 20, 25 and 30 years).

$$EACF = NPV \left( \frac{r(1+r)^y}{(1+r)^y - 1} \right) \quad \text{Formula 3.5}$$

We then evaluated the possibility for a producer to earn an annual salary similar or higher than the incomes expected for an equivalent working effort at minimal wage. To do so, EACF results were calculated on a per person basis, dividing them by the number of local producers involved in tree care and management activities, and were compared to the minimal wage (MW) in Peru in 2010.

NPV, BCR, and EACF require discounting to transfer future values into comparable present values. As our financial analysis was strictly based on market prices, we chose a 3% discount factor, equivalent to the referential interest rate in Peru in 2010 (BCRP 2010). This choice is consistent with the rate suggested by Zerbe and Bellas (2006) and Tol (2009).

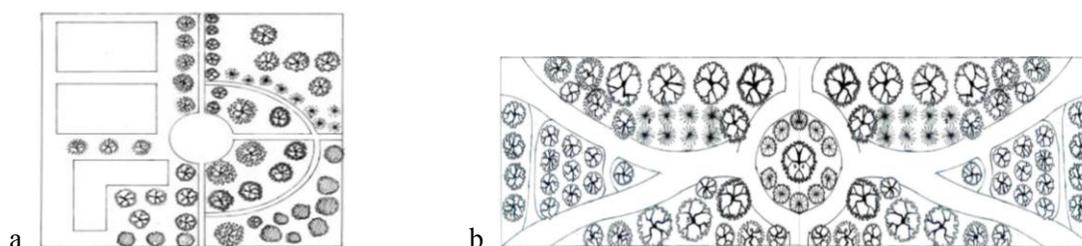
### *Step 3: Data analysis*

Results were compared to identify the Best-Case (BC) and Worst-Case (WC) scenarios from each standpoint and each tree system studied. A sensitivity analysis was also performed comparing different hypothetical scenarios. First, we compared three additional discount rates: 1% to show a net preference for the future, 9% which is regularly used for forest valuation (Manley 2003) and 15% based on the fact that several studies in development economics have demonstrated that poor households are more averse to risk and show a net preference for the present (Kanbur and Squire 1999). We also analyzed the sensitivity of NPV to a modification of certain variables from a producer's standpoint. We compared NPV results obtained when considering 0%, 50%, 100% and 150% of implementation costs, fertilization costs and loss factor ( $L$ ), and 5%, 50%, 100%, and 150% of the products' market prices and the yields expected. Finally, we calculated NPV for the hypothetical situation in which producers could not count on the participation of the municipality and would take care of 100% of the costs, even irrigation.

## **3.5 Results**

### **3.5.1 Designs**

Two designs were created (Figure 3.3) and a total of 10 different food tree species were selected (Table 3.1). System 1 had a total plantation area of 0.35 hectare, with 45 trees from 5 different species. System 2 included a total of 93 food trees from 8 different species, on a total plantation area of 0.50 hectare.



**Figure 3.3.** Food tree systems designed by the local population of Villa El Salvador: a. System 1  
b. System 2.

**Table 3.1.** Tree species and number of trees used for each design, specifying how many years, after tree plantation, their production starts and reaches a plateau.

Scientific name	Local name (Spanish)	Number of trees		Production (year)		Main product
		System 1	System 2	Initiation	Plateau	
<i>Sapindus saponaria</i>	Boliche	5	-	4	15	Soap
<i>Punica granatum</i>	Granado	9	16	4	10	Pomegranate
<i>Ficus carica</i>	Higo	-	10	4	15	Fig
<i>Mangifera indica</i>	Mango	-	1	2	13	Mango
<i>Schinus molle</i>	Molle Serrano	5	12	4	10	Local beverage
<i>Morus nigra</i>	Mora	6	8	15	25	Black Mulberry
<i>Eryobotria japonica</i>	Nispero	7	18	4	20	Medlar
<i>Persea americana</i>	Palta	5	-	3	21	Avocado
<i>Carya illinoensis</i>	Pecano	4	16	10	25	Pecan nut
<i>Caesalpinia spinosa</i>	Tara	4	12	3	15	Fodder
	<b>Total:</b>	<b>45</b>	<b>93</b>			

### 3.5.2 Costs breakdown

Costs were shared between producers and the municipality according to four different scenarios (Table 3.2). Costs for tree plantation were considered once, at implementation of the tree systems ( $y = 0$ ). Costs related to the recurrent management of the tree systems were calculated annually over 30 years ( $y = 1-30$ ). The group in charge of the plantation costs also took on labor for tree plantation, but labor related to the recurrent activities was always incumbent upon producers. Labor included all the activities for the care of the trees (fertilization, pruning, irrigation, pest and disease management, and harvesting). Producers were

always in charge of purchasing their own toolkits, and as every citizen pays a tax for water supply and green areas, irrigation of the tree systems remained under the responsibility of the city.

**Table 3.2.** Division of expenses between city and producers for each scenario studied

Expenses	Scenario I		Scenario II		Scenario III		Scenario IV	
	Producers	City	Producers	City	Producers	City	Producers	City
<b>Tree plantation (<math>y = 0</math>)</b>								
Saplings	X			X	X			X
Tools	X		X		X		X	
Fertilization	X			X	X			X
Irrigation		X		X		X		X
Labor	X			X	X			X
<b>Recurrent costs (<math>y = 1-30</math>)</b>								
Fertilization	X		X			X		X
Irrigation		X		X		X		X
Labor	X		X		X		X	
	<b>WC<sup>1</sup></b>	<b>BC<sup>2</sup></b>					<b>BC</b>	<b>WC</b>

<sup>1</sup>Worst Case scenario; <sup>2</sup>Best Case scenario

Scenario I, where most of the costs were incumbent upon the producers, was presumed as being the worst case scenario from a producer's standpoint, and the best-case scenario from the municipality's standpoint. Scenario IV, where most of the expenses were incumbent upon the city authorities, was presumed to be the best-case scenario from a producer's standpoint and the worst-case scenario from the municipal standpoint.

#### *Estimation of costs*

Expenses incurred by the purchase of saplings were estimated taking into account the prices at force in 2010 in the local tree nursery ECORED, in Villa El Salvador. We calculated a total of US\$ 260.59 for System 1 and US\$ 503.63 for System 2. The toolkit, same for both systems, was identified by the participants to the workshops as the basic items needed for an efficient management of the tree systems. It included four shovels, four small clippers, two large clippers, 200 meters of hose, two ladders, and one wheel barrel. Its cost was fixed at US\$ 177.00 (500 soles), according to the prices found in 2010 in the local

hardware store in Villa El Salvador. Fertilization considered an initial soil preparation with compost and manure, followed by an annual fertilization with manure only. As suggested by the fertilization recommendations found in the technical literature, the amount of manure provided annually increased for the first 6 years after tree plantation and then stabilized for the rest of the life of the tree. Prices were set according to the cost per bag of compost (US\$ 5.31/kg) and manure (US\$ 4.25/kg), found on the local market of Villa El Salvador. Expenses related to irrigation were based on the price per cubic meter of treated domestic water (US\$ 0.7177/m<sup>3</sup>), which is used by the municipality for the irrigation of the green areas. Calculations were made according to a mean root surface (sq ft<sup>2</sup>) equivalent for all trees, and the age ( $y$ ) of each tree (Loveys *et al.* 1999, Nugent *et al.* 1999). Water needs increased for the 10 years following tree plantation and then stabilized.

From both standpoints, labor required for tree plantation ( $y = 0$ ) was estimated for a working capacity of a group of 10 people. We considered one day of group work for System 1 and two days for System 2. For recurrent management, labor was calculated differently between producers and municipality. From a producer's standpoint, an average of two hours per week per person for System 1, and 4 hours per week per person for System 2 were deemed necessary during the participative workshops. The financial value of the time invested was studied according to two approaches: TIME-A considered an opportunity cost of US\$ 234/month, equivalent to US\$ 7.80/day, based on the average incomes earned by the participants to the workshops for their professional activities. No monetary value was associated to labor for TIME-B because the participants mentioned their intention to take care of the trees only during their leisure time and did not grant any monetary value to it. From a municipal standpoint, cost for labor was estimated according to the human resources generally invested for the maintenance of the green areas in Villa El Salvador, for a daily wage of US\$ 8.7. One gardener and one cleaner were required for regular maintenance one day/month for System 1 and two days/month for System 2, and three gardeners were required for annual pruning and fertilization one day/year for System 1 and two days/year for System 2.

### 3.5.3 Profitability at producers' level

We first evaluated the time horizon needed for each system and each scenario of cost distribution studied to reach a NPV > 0 and a BCR > 1 (Table 3.3). Results showed that when a value was granted to labor (TIME-A), the implementation costs were only recovered after 29 (Scenario IV) and 30 years (Scenario III) for System 1, and after 25 (Scenario IV) and 26 years (Scenario III) for System 2. Considered not

financially efficient, TIME-A was therefore not included in further analysis. When labor was not taken into account (TIME-B), initial investments were recovered between years 4 and 8 for both systems, according to the scenario of costs division studied.

**Table 3.3.** Year at which the net present value (NPV) is higher than 0 and the benefit-cost ratio (BCR) is higher than 1, for System 1 and 2 and the four scenarios of cost division studied, considering Time-A and Time-B, for a 3% discount rate, and from a producer's standpoint

	Scenario I		Scenario II		Scenario III		Scenario IV	
	System 1	System 2	System 1	System 2	System 1	System 2	System 1	System 2
<b>TIME-A</b>								
NPV	∞ <sup>1</sup>	∞	∞	∞	30	26	29	25
BCR	∞	∞	∞	∞	30	26	29	25
<b>TIME-B</b>								
NPV	7	8	5	6	5	5	4	4
BCR	7	8	5	6	5	5	4	4

<sup>1</sup>∞: at year 30, the system was still not profitable

Not surprisingly, Scenario IV, where most of the costs were incumbent upon the municipality, reached profitability first for both scenarios and was therefore confirmed as the best-case (BC) scenario from a producer's standpoint. Consequently, Scenario I, where most of the costs were incumbent upon producers, reached profitability last for both scenarios and was considered worst-case (WC) scenario from a producer's standpoint. Scenarios III and IV showed intermediate results and had a similar efficiency as they both allowed to recover the implementation costs 5 to 6 years after tree plantation.

We then compared the results of NPV and BCR derived with a 3% discount rate, considering the four scenarios of cost distribution studied for TIME-B. EACF was also calculated to compare the results between scenarios on an annual basis (Table 3.4).

**Table 3.4.** Net Present Value (NPV), Benefit-Cost Ratio (BCR), and Equivalent Annual Cash Flow (EACF) derived with a 3% discount rate, for systems 1 and 2, comparing the four scenarios of cost distribution studied for TIME-B, from a producers' standpoint, over 30 years of production.

Years <sup>1</sup>	SCENARIO I (WC)			SCENARIO II			SCENARIO III			SCENARIO IV (BC)		
	NPV (US\$)	BCR	EACF (US\$)	NPV (US\$)	BCR	EACF (US\$)	NPV (US\$)	BCR	EACF (US\$)	NPV (US\$)	BCR	EACF (US\$)
<b>System 1</b>												
0	-650	0.00		-177	0.00		-650	0.00		-177	0.00	
5	-472	0.58	-103	1	1.00	0	4	1.01	1	477	3.69	104
10	1578	1.89	185	2051	2.58	240	2699	5.15	316	3171	18.90	372
15	5063	3.18	424	5536	3.99	464	6740	11.37	565	7213	41.70	604
20	9084	4.24	611	9557	5.09	642	11240	18.29	756	11713	67.10	787
25	13406	5.16	770	13879	6.05	797	15977	25.58	918	16450	93.82	945
30	17174	5.80	876	17646	6.68	900	20101	31.93	1026	20574	117.10	1050
<b>System 2</b>												
0	-1209	0.00		-177	0.00		-1209	0.00		-177	0.00	
5	-1103	0.53	-241	-71	0.95	-16	43	1.04	9	1074	7.06	235
10	2640	1.67	309	3671	2.25	430	5390	5.46	632	6422	37.24	753
15	10414	2.95	872	11446	3.65	959	14549	13.03	1219	15580	88.92	1305
20	19328	3.96	1299	20360	4.70	1369	24657	21.40	1657	25688	145.96	1727
25	28481	4.76	1636	29512	5.52	1695	34839	29.82	2001	35871	203.42	2060
30	37113	5.39	1894	38145	6.14	1946	44360	37.70	2263	45392	257.15	2316

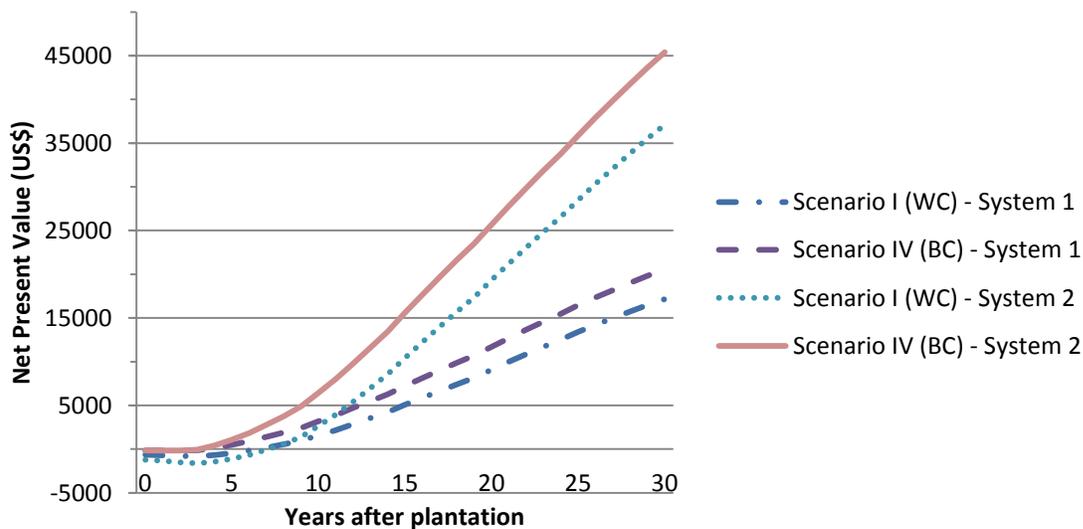
<sup>1</sup>Years after plantation

WC = Worst-case scenario; BC = Best-case scenario

For System 1, values of NPV ranged from US\$ -472 to US\$ 477 after 5 years, and US\$ 17 174 to US\$ 20 574 after 30 years according to the scenario studied. BC scenario (Scenario IV) showed an EACF twice as high as WC scenario (Scenario I) for a production length of 10 years, and 20% higher for a production of 30 years. Scenario III showed the second best performance, with an EACF 41% higher than WC scenario at year 10, and 15% higher at year 30.

For System 2, values ranged from US\$ -1103 to US \$1074 after 5 years, and US\$ 37113 to US\$ 45392 after 30 years according to the scenario studied. For EACF results, trends were similar than what was obtained for System 1, with results of Scenario IV, III, and II being respectively higher than Scenario I by 59%, 51%, and 28% for a production of 10 years, and 18%, 16%, and 3% for a production length of 30 years.

For both systems, NPV showed that no economically optimal rotation age could be observed over the 30 years studied: NPV reached no plateau and continued to increase over time. BCR results were consistent with NPV (Figure 3.4).



**Figure 3.4.** Net present values for scenarios I, Worst-Case (WC) and IV, Best-Case (BC), for systems 1 and 2, from a producer's standpoint.

### *Equivalence with minimum wage*

EACF values were then transferred on a per-person basis dividing the data from Table 4 by ten producers, equivalent to the desirable maximal number of individuals involved in the tree management activities suggested by the participants to the workshops. Values on a per-person basis were then compared to the annual incomes at minimum wage for an equivalent working effort. In 2010, the minimum wage in Peru was 550 soles/month, equivalent to US\$ 195 (SUNAT s.d.). Considering 40 hours of work per week, the minimum wage was US\$ 4.88/hour. For 2 hours of work per week, that is 104 hours/year, as estimated for the recurrent tree care for System 1, the equivalent minimum wage was US\$ 507.52 annually. For 4 hours of work per week (208 hours/year), as estimated for System 2, the equivalent minimum wage was US\$ 1015.04 annually.

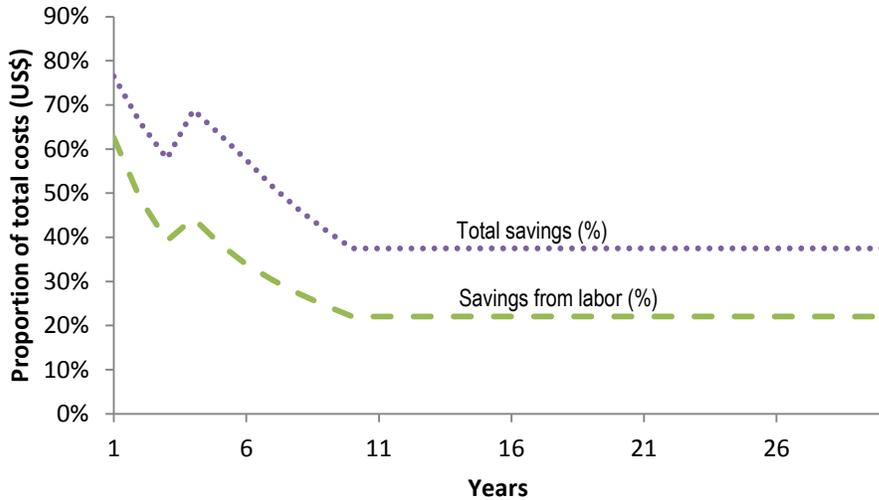
The EACF per person showed that over 30 years and for every scenario studied, a producer could never expect to earn incomes equivalent to the minimum wage, for an equivalent working effort. For BC scenario (Scenario IV), annual incomes were limited to US\$ 105.00 per year for System 1 and US\$ 231.60 per year for System 2, for a rotation period of 30 years. Results also showed that even if the working effort for tree management for System 2 (initially evaluated as 4 hours per week per person) was equal to the working effort of System 1 (two hours per week per person), producers could still not expect to earn incomes equivalent to the minimum wage.

### 3.5.4 Profitability at municipal level

From a municipal standpoint, savings realized thanks to the labor transferred to producers were the baseline benefit. For implementation costs ( $y = 0$ ), the avoided expenses in labor force were US\$ 86 for System 1 and US\$ 174 for System 2, equivalent, in both cases, to 13% of the total implementation costs. For recurrent care and management of the trees ( $y = 1 - 30$ ), labor transferred to producers allowed a basic annual cost reduction of US\$ 234 for System 1 and US\$ 469 for System 2. These amounts were equivalent to 61-63% of the total production costs for the first year of production for both Systems, a proportion that gradually decreased for the first 10 years to further stabilize at 21-22% after 10 years (Figure 3.5).

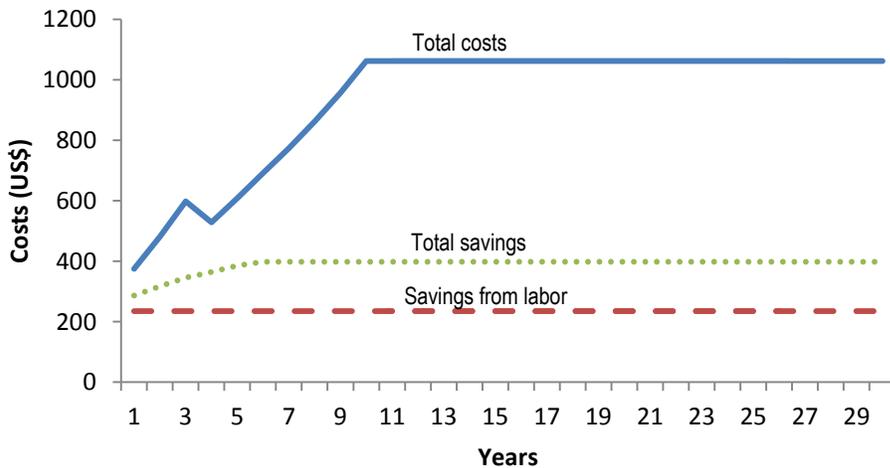
Total net savings included all expenses transferred to producers: purchase of saplings, fertilization, and labor. For the BC scenario (Scenario I), it represented a proportion as high as 86-87% of plantation costs (year = 0) (not shown) and 37-39% of total recurrent costs after 10 years (Figure 3.5). A 100% cost

reduction was not achievable because irrigation was always incumbent upon the municipality, as set during the participative workshops. For the WC scenario (Scenario IV), savings were only related to labor transfer.



**Figure 3.5.** Proportion of total non-actualized recurrent costs (years 1-30) represented by total savings and savings for labor, for both Systems, from a municipal standpoint.

The reduction of total savings and savings from labor in percentage of total costs over the years was not related to a decrease in savings, but rather to an increase in total costs, without considering the implementation costs (Figure 3.6).



**Figure 3.6.** Annual evolution of total costs compared to total savings and savings for labor, for System 1, from a municipal standpoint.

Fertilization and irrigation costs increased significantly over the first ten years in production, and then stabilized for the rest of the life of the trees. Savings were rather constant over the whole period under study: savings from labor were constant over the 30 years studied and the total savings increased slightly only during the first 6 years in production. Therefore, the proportion (in percentage) of total savings and savings from labor tended to decrease over the years, following the increase in total costs. Annual savings for each scenario studied and for years 0, 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30 are shown in Table 3.5.

**Table 3.5.** Annual savings for the four scenarios of cost distribution and the two systems studied, at a 3% discount rate, from a municipal standpoint

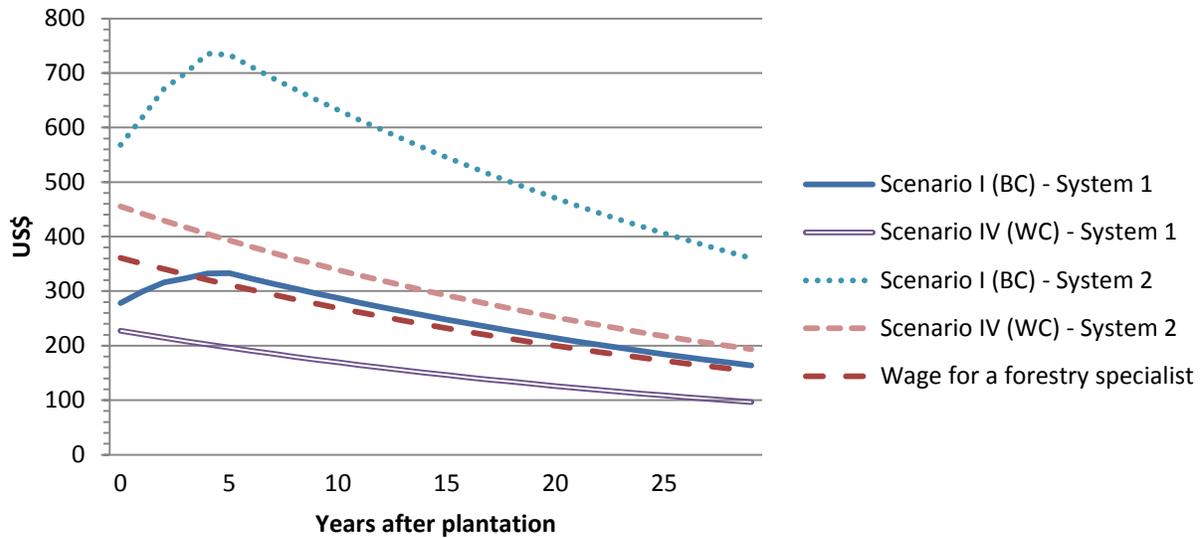
Years	Annual savings (US\$) ( $r^1 = 3\%$ )							
	System 1				System 2			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
0	559	0	559	0	1206	0	1206	0
1	278	278	228	228	568	568	455	455
5	332	332	202	202	736	736	405	405
10	296	296	174	174	651	651	349	349
15	255	255	150	150	562	562	301	301
20	220	220	130	130	485	485	260	260
25	190	190	112	112	418	418	224	224
30	164	164	97	97	361	361	193	193

<sup>1</sup> $r$  = discount rate

Results showed that Scenario I was the BC scenario and Scenario IV was the WC scenario. These results were the opposite of those obtained from a producer's standpoint and confirmed what was initially presumed during the participative workshops.

### *Reinvestment potential*

To evaluate in concrete terms the importance of the financial savings for the municipality resulting from the involvement of the local population in the tree management activities, we compared the values of the net savings obtained from a municipal standpoint, actualized with a 3% discount rate (refer to Table 3.5), with the annual wage of a forestry specialist in charge of the supervision of the tree management activities, also actualized with a 3% discount rate (Figure 3.7). Considering a visit to each productive area for one day every two months with a daily wage of US\$ 53, the cost of such supervision would be of US\$ 372 per year.



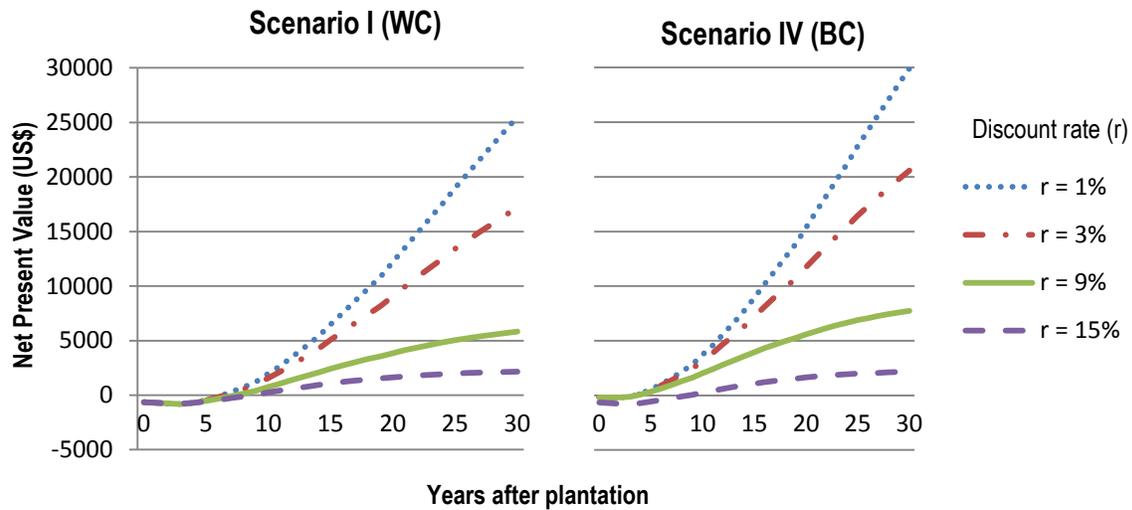
**Figure 3.7.** Costs related to the wage of a forestry specialist compared to the net benefits obtained at municipal level for scenarios I, Best-Case (BC), and IV, Worst-Case (WC), for both systems, with values actualized with a 3% discount rate.

Figure 3.7 shows that savings for System 2 would be sufficient to cover this kind of expense from the very first year of the project ( $n = 1$ ), for both BC and WC scenarios. For System 1, expenses would be covered only from the 5<sup>th</sup> year in production for BC scenario (Scenario I), and would never be covered for WC scenario (Scenario IV).

### 3.5.5 Analysis of the sensitivity to variables

#### *Sensitivity to the discount rate*

Sensitivity to the discount rate was evaluated from a producer's standpoint for the BC and WC scenarios for System 1, comparing the results of NPV at producer's level (Figure 3.8).



**Figure 3.8.** Comparison of the net present values (NPV) for four different discount rates, for scenario I (WC) and scenario IV (BC) at producer's level

The sensitivity analysis showed a higher NPV when subjecting data to less discounting, a general trend consistent with previous similar studies (Scott and Betters 2000, Petrinovic *et al.* 2009). Over a time horizon of 30 years, the higher the discount rate, the later the system reached profitability (NPV > 0). For scenario I, a 15% discount rate led to a delay of 3 years for NPV to reach positive values and when compared to a 3% discount rate, showed a result 8 times lower at year 30. Scenario IV was less sensitive to discounting: NPV reached values higher than 0 at the same time for all discount rates. However, at year 30, the highest discount rate (15%) led to a result 5.6 times lower than what was found with a 3% discount rate, and 8.1 times lower than the lowest discount rate (1%). For both scenarios, lowering the discount rate (1%), when compared to 3%, did not affect the moment at which NPV reached positive results. Results were similar for System 2. Calculation of BCR gave results consistent with NPV (data not shown).

#### *Sensitivity to variable changes*

We evaluated the sensitivity of the results to a modification of some variables. First, varying the implementation costs, the fertilization costs, and the loss factor, we calculated the NPVs for the WC scenario at producers' level (Table 3.6). BC scenario was not considered because in that case, both implementation and fertilization costs were incumbent to the municipality and their variation would then lead to no changes.

**Table 3.6.** Comparison of the net present values (NPV) obtained when considering 0%, 50%, 100%, and 150% of the value for the implementation costs, the fertilization costs, and the loss factor, for Scenario I (WC) from a producer's standpoint and the two systems studied.

Years	Net present value (US\$)							
	System 1				System 2			
	0%	50%	100% (BS)	150%	0%	50%	100% (BS)	150%
<b>Implementation costs</b>								
0	0	-325	-650	-975	0	-604	-1209	-1813
15	4633	4308	3983	3658	11623	11019	10414	9810
30	13677	13352	13027	12702	38322	37718	37113	36509
<b>Fertilization costs</b>								
0	-437	-543	-650	-756	-681	-945	-1209	-1473
15	5873	4928	3983	3039	15077	12745	10414	8083
30	16167	14597	13027	11457	44888	41001	37113	33226
<b>Loss factor</b>								
0	-650	-650	-650	-650	-1209	-1209	-1209	-1209
15	8231	6647	5063	3480	17167	13791	10414	7038
30	26067	21620	17174	12727	56643	46878	37113	27349

BS: Basic scenario, WC = Worst-Case scenario

When compared to the 100% scenario, considered as the basic scenario, results for System 1 showed that a 50% reduction of the implementation costs led to an increase of the NPV of 8% 15 years after tree plantation, but of only 2% after 30 years. When the implementation costs were completely eliminated, the NPV was 16% higher than the basic scenario after 15 years of production, and 5% higher after 30 years. In the opposite, a 50% increase of the implementation costs led to a reduction of NPV of 9% after 15 years, and 3% after 30 years, compared to the basic scenario.

The impact of a variation of fertilization costs was more important for all rates studied. A 50% decrease of fertilization costs led to an increase of NPV of 24% after 15 years, and 12% after 30 years. Their complete elimination caused NPV to increase by 47% after 15 years, and 24% after 30 years. A 50% increase of the fertilization costs led to a decrease of NPV of 24% after 15 years, and 12% after 30 years.

Modifications of the loss factor had the highest impacts on the NPV value. Its reduction by half, leading to a loss factor of 15% instead of the original 30% considered in the calculations, led to an increase of the NPV by 31% after 15 years, and 26% after 30 years. Its complete elimination led to an increase of expected benefits by as much as 63% after 15 years, and 52% after 30 years. However, a 50% increase of the value

of the variables led to a decrease of 31% of NPV after 15 years, and 26% after 30 years. Results for System 2 showed similar trend for all variables.

The variations of NPV were much higher when modifying the products' market prices or the yields obtained from the production of the tree systems (Table 3.7). The analysis of the effect of the modifications of yields and harvested products' market prices showed the same results when modified by the same range. A 50% reduction of either one of them led to a reduction of the NPV by 27% after 15 years, and 40% after 30 years. A 95% reduction of these variables led to negative values of NPV. In the opposite, an increase of 50% of these values, compared to the basic 100% scenario, led to an increase of NPV as high as 76%.

**Table 3.7.** Comparison of the net present values (NPV) obtained when considering 5%, 50%, 100%, and 150% of the value of yields and the products' market prices, for Scenario I (WC) from a producer's standpoint and the two systems studied.

		Net present value (US\$)							
Years	System 1				System 2				
	5%	50%	100%	150%	5%	50%	100%	150%	
<b>Yields</b>									
0	-650	-650	-650	-650	-1209	-1209	-1209	-1209	
15	-1957	1368	5063	8759	-4555	2535	10414	18293	
30	-2540	6798	17174	27549	-6177	14329	37113	59898	
<b>Products' market prices</b>									
0	-650	-650	-650	-650	-1209	-1209	-1209	-1209	
15	-1957	1368	5063	8759	-4555	2535	10414	18293	
30	-2540	6798	17174	27549	-6177	14329	37113	59898	

WC = Worst-case scenario

To determine the impact of the modification of certain variables in regards to profitability, we estimated the years at which the NPV reached profitability based on the modifications of the variables studied (Table 3.8).

**Table 3.8.** Year at which the net present value (NPV) is higher than 0 for a variation 0%, 50%, 100%, and 150% for different production costs, and a variation of 5%, 50%, 100%, and 150% of the market price and the yields, studying Scenario I (WC) from a producer's standpoint and the two systems studied.

	System 1				System 2			
	0%	50%	100% <sup>1</sup>	150%	0%	50%	100% <sup>1</sup>	150%
<b>Production costs</b>								
Implementation costs	5	6	7	8	5	7	8	8
Fertilization costs	5	6	7	9	5	6	8	10
Loss factor	6	6	7	8	6	7	8	9
<b>Benefits</b>								
Products' market prices	∞ <sup>2</sup>	11	7	6	∞	11	8	6
Yields	∞	11	7	6	∞	11	8	6

<sup>1</sup> Basic scenario

<sup>2</sup>∞: means that at year 30, the system was still not profitable

WC = Worst-Case scenario

Results for System 1 showed that even if a specific production cost was eliminated (0%), NPV reached positive values only one or two years earlier than in the basic scenario (100%). If the same variables were increased by 50%, NPV became positive only one or two years later than the basic scenario. For System 2, the results were slightly different. NPV reached profitability 3 years earlier than the basic scenario when completely eliminating one of the production costs. When the same variable was increased by 50%, NPV reached positive value at the same year (implementation costs), only one year later (loss factor), and two years later (fertilization costs).

A modification of the variables related to the calculation of the benefits led to the most important variation to reach profitability for both Systems studied. Very small benefits (only 5% of the basic scenario) led to an impossible reach of profitability over 30 years, for both Systems. A 50% reduction of the benefits led to a delay of four years before reaching profitability for System 1, and three years for System 2. A 50% increase of the benefits led to a reduction of the delay to reach profitability of only 1 year for System 1, and 2 years for System 2.

The modification of the fertilization costs had the greatest effect on profitability for both systems studied. However, it is a modification of the variables related to benefits, which are yields and market prices, that led to the highest variations related to profitability.

Finally, we compared NPV for the case where producers would be in charge of all the production costs, including irrigation (data not shown). Results showed that NPV would be positive after 20 years for System 1, a delay of more than 13 years when compared to the basic scenario. After 30 years in production, NPV showed a reduction of 77% when compared to the basic scenario. For system 2, NPV reached positive values after 15 years, a delay of 7 years when compared to the basic scenario, and showed a result lower than the basic scenario by 56% (data not shown).

## **3.6 Discussion**

### **3.6.1 Verification of hypotheses**

The financial analysis showed that from both standpoints, *i.e.* a group of producers and a municipality, the use of food trees in urban public green areas had a financial interest.

The first hypothesis of the project was partially confirmed: for small groups of local producers involved in the management of the tree systems, the possibility to harvest edible products led to financial benefits, but only if the time invested in the productive activities (labor) was not taken into account. When no opportunity cost was assigned for labor, the analysis showed that financial profitability was reached 4 to 8 years after tree plantation according to the scenario of cost division studied. The negative values obtained over the first years in production were the product of high implementation costs, mainly due to the initial poor soil fertility as well as the need to buy saplings and a toolkit to adequately take care of the trees. However, although initial investments were recovered, the calculation of EACF transferred on a per person basis showed that possible incomes were never equivalent to the minimum wage for a time horizon of 30 years. When labor was valued, the food tree systems were never profitable.

Therefore, as mentioned, the positive financial results of this activity did not take into account the opportunity cost of the time invested (labor) by the producers. While this could be seen as an important bias leading to the under-evaluation of the investments made by a city dweller to have the privilege to harvest edible products in a public green area, it has been argued that it still can be considered a viable option in poor urban areas. Reuther and Dewar (2005) stress that when dealing with urban dwellers with no or very limited access to higher alternative incomes or in the context of high rates of unemployment where people have “excess labour to dispose of” (p. 100), time is very likely to have no or a very low opportunity cost. In

the socioeconomic context of Villa El Salvador, characterized by high poverty rates and low employment, this can definitely apply.

The 2<sup>nd</sup> hypothesis was confirmed: the involvement of local inhabitants in the maintenance and care of public green areas led to financial savings for the municipality. Given the opportunity to harvest edible products, the local population had an incentive to get involved in the production activities, offering the labor and taking care of some of the recurring expenses. Such commitment diminished the expenses normally incurred by the municipality. Considering only labor transferred to producers, savings to the municipality were equivalent to 13% of the total plantation costs, and 21-22% of the recurring management costs after 10 years of production. When adding all the other activities that the group of producers was willing to take care of, savings were higher, reaching 86% of the plantation costs and 37% of recurring costs after 10 years of production. However, savings never reached 100% of the total costs because the municipality was always responsible for the irrigation of the tree systems, a public service financed through a green spaces municipal tax. Results also showed that for System 2 and the BC scenario of System 1, savings allowed the municipality to cover the expenses related to hiring a forestry specialist coordinating and monitoring the tree management activities.

It is important to take into account the fact that food trees can also lead to several additional environmental and social benefits that were not taken into account in this study: air quality improvement, urban heat reduction, increase of the quality of urban life, *etc.* Multi-use trees can also provide secondary edible products such as medicinal products or other products used to make shampoo, traditional medicine, *etc.* The integration of these elements in further financial or economic evaluations could have a positive impact on the financial and economic interest of this urban forestry strategy.

### 3.6.2 Bias

While conducting this financial analysis, some biases have been introduced and must be carefully understood for an adequate interpretation of the results. First, calculations were based on market prices, which are highly volatile data, projected over several decades. This could decrease the level of confidence of the results in the long-term. Second, from a municipal standpoint, we did not consider a possible raise of the municipal daily wages, thus certainly underestimating the cost for labor. This probably lowers the

importance of the savings realized in the long run thanks to the involvement of the local population in the tree management activities.

As the analysis was based on the comparison of hypothetical scenarios and not on real field trials, some biases have also been introduced with regard to the estimation of variables. At producers' level, expected yields for each tree species were estimated according to the technical literature and mean values from rural productive systems. However, because of highly stressful growth conditions characterizing the urban environment, a significant decrease in yields is possible and its impact on the financial performance of urban food tree systems should be carefully studied. Other possible problems, such as easily stolen products, pest and disease outbreaks, mismanagement by the local population, lack of technical knowledge for an adequate care of trees, and losses at harvest are also likely to influence downward the evaluation of the yields. Even if an important loss factor (30%) was considered to take these elements into account, there is no evidence that its estimate was adequate. Finally, we also simplified calculations considering one single plantation moment ( $i = 0$ ). However, in the reality, we must expect that some trees would die and have to be replaced throughout the years, changing the trend of annual costs and potentially greatly modifying the net benefits expected throughout the project's lifetime.

### 3.6.3 Sensitivity analysis and strategies to increase the financial performance

The sensitivity analysis showed that the discount rate chosen had a great influence on the financial performance: the smaller the discount rate, the higher the NPV, or the stronger the preference for the future, the higher the profitability of the tree system.

From the sensitivity analysis, we also see that yields and market prices had a greater influence on the benefits than the variables related to the calculation of the costs, which are the implementation costs, the fertilization costs and the loss factor. A producer has no influence on the market prices, but can, to some extent, control the other variables. For example, in order to maximize the incomes obtained from the productive activities, priority should be given to improving the yields of the tree systems or reducing fertilization costs, because these two variables have the highest influence on the financial performance of the tree systems. Some action could also be taken to reduce the loss factor.

A meticulous choice of tree species could also significantly improve the financial performance of the productive systems by influencing the total yields of the tree systems and the value of the edible goods produced. However, tree selection should not be done only according to the products obtained and their value on the market, but should also take into account the timing of each species' production schedule. Indeed, the results of the financial analysis showed that for both tree systems, no optimal rotation duration was detected: for every scenario, NPV and EACF values kept on rising over 30 years. This is thought to be the consequence of the great diversity of tree species chosen for the creation of the tree systems. When some trees, like mango and avocado, quickly reached a productive plateau and even started to decline in production after 15 years, other high value species, like pecan nut and blackberry, did not start producing before 10 to 15 years and stayed highly productive until the end of the study. This had the effect to balance the production curves between the variety of tree species, leading to a constant increase of the benefits possibly obtained. Thus, we can assume that the maximal value of a productive tree system can be reached through: 1) the use of a productivity criterion for the choice of the trees, and 2) the use a high diversity of tree species with different and overlapping productive periods.

Second, several actions can also be taken to reduce fertilization costs and thus quickly impact the expected benefits of the food tree systems. For example, production of compost with table wastes and residues of tree pruning could help producers to reduce, and even eliminate, fertilization costs. In the case of the WC scenario and when labor was not taken into account, the elimination of fertilization costs led to the complete elimination of the recurrent costs incumbent upon producers, greatly influencing the magnitude of the financial benefits obtained.

Lastly, the development of a community-based surveillance strategy aiming at reducing the frequency of the dreaded robberies could help to reduce the importance of the loss factor ( $L$ ). As shown by the sensitivity analysis, this could have a limited, but still important impact on the financial performance of the tree systems.

#### 3.6.4 The importance of the municipality

The profitability of such a productive project can only be optimal if the municipality covers part of the production expenses. The financial analysis has shown that from a producers' standpoint, profitability was reached between 4 and 8 years after tree plantation when the municipality was taking care of some

expenses. Otherwise, as shown by the sensitivity analysis, if producers had to take care of 100% of the production costs, it took between 15 and 20 years to recover the initial plantation costs. Such a delay could severely discourage the willingness of potential producers to invest time, energy and financial resources in the project.

Additionally, for producers, the initial investment required for tree plantation may be difficult to cover for two main reasons. First, most of the families expected to get involved in the productive activities are facing a high degree of poverty and may be unable to take on these initial costs. Second, the long-term perspective that a producer must have when getting involved in this kind of project introduces an important element of complexity: those who will benefit from the best yields and the higher production (> 8 years after tree plantation) might not be those who will have initially invested in the tree plantation. Indeed, as this kind of community project is generally characterized by frequent changes in the composition of the group of producers, there might be an unfair repartition of financial benefits over time. This could decrease the willingness of the population to get involved in the production activities.

These two characteristics support the idea that the municipality should be in charge of the plantation costs as part of its urban forestry program in order to facilitate the involvement of the local population. This idea is further supported by the fact that the use of food trees does not represent higher costs than the use of ornamental trees. Moreover, the municipality receives positive financial benefits from the first year after tree plantation when the local population gets involved in the management activities, allowing it to quickly recover the plantation costs. These financial benefits could be used to finance additional tree plantations in new public green areas.

### **3.7 Conclusion**

Results of this financial analysis showed that optimally managed food tree systems established in public green areas would lead to financial benefits for producers involved in the tree care and management activities, as well as the municipality integrating food trees as part of its urban forestry programs. At the producers' level, the tree systems were profitable 4 to 8 years after tree plantation, although this financial efficiency was only possible if no value was granted to labor. At municipal level, the participation of the local

population in the tree management activities provided financial benefits from the first year after tree plantation because it led to a reduction of the expenses generated by the maintenance of the green areas.

To encourage the local population to get involved in the tree care and management activities, it has been argued that a municipality should take on some of the production costs and, even more important, cover the tree plantation costs. However, the limited return on investments at producers' level might suggest that the financial argument is not sufficient to motivate the local population to invest time and efforts in such a long-term project. Therefore, alternative sources of motivation for producers should be sought, such as highlighting the ability of these projects to fight food insecurity in poor neighbourhoods as well as other social benefits.

It is important to initiate further reflections and analyses about the real possibilities to turn the urban cover into an interesting financial opportunity *via* the use of food trees planted in public green areas. First, the productive performance of food trees under community care in an urban context should be carefully monitored to evaluate the importance of the yield decrease when compared to the yields in well-managed orchards. Second, the use of secondary products from multiuse trees or the possible transformation of products by the local producers to benefit from an added value should be carefully evaluated. Finally, a complete cost-benefit analysis should be performed to integrate the non-market values, such as the environmental and social benefits that can be obtained thanks to the plantation of food trees.

Addressing urban forestry under this innovative angle of food production shows the potential of food trees as a new strategy to promote effective sustainable urban development. With the growing social, environmental and economic problems associated with the urban context and the cyclic outbreaks of economic and food crisis, it becomes essential to develop new strategies promoting a multifunctional and optimal use of the urban space. In this context, interest will certainly grow for food trees. The results of the present analysis have important implications for researchers, stakeholders and policy makers by setting some basic guidelines for implementing adequate food production systems on urban public areas and for policy formulation.

## **Chapitre 4 Discussion générale**

Ce projet de recherche visait à évaluer le potentiel d'utilisation d'arbres nourriciers à des fins de production alimentaire au sein de parcs publics urbains à Villa El Salvador, au Pérou. Il avait pour objectifs de mettre en lumière les principaux facteurs favorables et contraignants liés à la création de systèmes arborés productifs au sein de parcs publics urbains, de même que d'en évaluer les éventuels bénéfices financiers pour un groupe de producteurs et pour la municipalité. Le projet visait ainsi à offrir aux agents locaux du développement urbain, qu'ils soient décideurs municipaux, leaders communautaires ou autres, un argumentaire facilitant la prise de décision concernant l'intégration ou non d'arbres nourriciers au sein des parcs publics.

### **4.1 Constats généraux et vérification des hypothèses de recherche**

Trois principaux constats émanent des résultats du projet de recherche. Premièrement, le concept des arbres nourriciers revêt un intérêt pour les communautés urbaines interrogées à Villa El Salvador. Selon les répondants, la perspective de récolter des produits alimentaires destinés à la consommation ou à la vente sur le marché local constitue un important facteur motivateur qui les incite à prendre part aux activités de gestion et d'entretien des arbres nourriciers. La première hypothèse de recherche, selon laquelle la possibilité de récolter des produits comestibles destinés à l'autoconsommation ou à la vente favorise l'implication de la population locale aux activités de foresterie urbaine, est ainsi confirmée.

Deuxièmement, la plantation d'arbres nourriciers au sein de parcs publics urbains a le potentiel d'entraîner des bénéfices financiers pour les résidents impliqués dans les activités de gestion des systèmes arborés. Du côté des producteurs, des revenus sont générés par la vente des produits des arbres sur le marché local et des économies sont réalisées sur l'achat du panier alimentaire familial lorsque les produits sont consommés. Il faut toutefois prendre garde de ne pas surestimer la valeur des bénéfices nets par personne ; ces derniers restent relativement restreints sur un horizon de 30 ans et ne permettent pas à un producteur d'obtenir l'équivalent du salaire minimum mensuel en vigueur au Pérou. De plus, la vente des produits récoltés n'entraîne des profits que si la valeur du temps investi par les producteurs n'est pas prise en compte. On peut donc considérer que la seconde hypothèse de recherche – stipulant que pour de petits groupes de producteurs impliqués dans les activités d'entretien et de gestion des arbres nourriciers, la

possibilité de récolter les produits alimentaires permet de retirer un bénéfice financier - n'a été que partiellement vérifiée.

Troisièmement, du côté municipal, l'analyse a permis de vérifier la troisième hypothèse de recherche selon laquelle l'implication de la population locale dans les activités de gestion et d'entretien des arbres permettait à une ville de réaliser des économies en termes de ressources humaines et d'achat d'intrants. La plantation d'arbres nourriciers n'entraîne pas de coûts supplémentaires en comparaison aux arbres ornementaux généralement utilisés dans le cadre des programmes de foresterie urbaine à Villa El Salvador. De ce fait, toute économie réalisée par la municipalité grâce à l'implication citoyenne pour l'entretien des espaces verts fait office de gain net et l'analyse financière montre que des bénéfices s'obtiennent dès l'année de plantation des arbres. Dans le cadre de la majorité des scénarios étudiés, les économies étaient même suffisantes pour couvrir les frais d'embauche d'un spécialiste forestier qui aurait la tâche de superviser les activités d'entretien des arbres dans un parc donné pour s'assurer du succès à long terme des systèmes arborés productifs.

## **4.2 Regards croisés sur les résultats**

### **4.2.1 Caractéristiques socio-économiques des participants**

Les résultats de ce projet de recherche montrent que l'intérêt des participants envers les arbres en général et les arbres nourriciers en particulier est partagé par tous les groupes d'âges et toutes les classes socio-économiques représentés par les participants. Il en est de même en ce qui concerne leur volonté de s'impliquer dans les activités de gestion et d'entretien des arbres. Ces résultats sont cohérents avec d'autres études réalisées dans le domaine de la foresterie urbaine qui ont montré que la classe socio-économique à laquelle appartenait un répondant donné n'avait pas d'influence sur sa volonté de s'impliquer au sein de projets participatifs de plantation et d'entretien des arbres (Dwyer *et al.* 2003, Fleming *et al.* 2006, Shan 2012). Lewis et Boulahanis (2008) ont également démontré que les personnes provenant de classes socio-économiques défavorisées étaient, en dépit de niveaux d'éducation généralement moins élevés, tout aussi capables d'effectuer une gestion adéquate des arbres urbains que les gens de classes plus aisées. Une telle constatation est importante dans le cas de Villa El Salvador, un district caractérisé par un taux de pauvreté élevé et un niveau d'éducation faible.

#### 4.2.2 Facteurs favorables à l'implantation des systèmes arborés

Les différentes activités de recherche ont permis d'identifier les principaux facteurs favorables pouvant, selon les répondants, encourager le développement de systèmes arborés productifs au sein d'espaces verts publics. Les trois facteurs favorables les plus déterminants étaient : (1) le fait de compter sur des comités environnementaux sensibilisés ; (2) l'enthousiasme des participants ; et (3) l'appui de la municipalité pour la réalisation d'un projet de plantation d'arbres en milieu urbain.

Les comités environnementaux de Villa El Salvador sont des organisations citoyennes leaders du développement durable et responsables de la gestion de leur parc de quartier. Les premiers ont été formés en 2006, grâce au travail de l'ONG *IPES/Promoción del desarrollo sostenible*, partenaire du présent projet de recherche. Ils sont composés de membres issus de la communauté locale qui s'investissent bénévolement pour améliorer la qualité du cadre de vie dans leur quartier. Grâce à leur travail, ces groupes communautaires ont gagné la confiance de leurs concitoyens et représentent, de ce fait, des acteurs incontournables pour le développement de projets de plantation d'arbres nourriciers.

L'enthousiasme des membres de la communauté locale intéressés à s'impliquer dans les activités productives fait également partie des principaux facteurs favorisant le succès de ce type de projet. Une abondante littérature scientifique a d'ailleurs été produite au sujet de l'impact que peut avoir la participation populaire pour le succès des plantations en foresterie urbaine. Il a été démontré que la survie des arbres urbains était plus grande lorsqu'ils avaient été plantés avec la contribution des habitants, lesquels étaient par la suite plus enclins à s'impliquer dans leur entretien à long terme (Nowak *et al.* 2004, Lu *et al.* 2010). Westphal (2003), de son côté, a montré que l'implication de groupes communautaires ou de personnes présentant un fort degré de prise en charge locale (*empowerment*) favorisait le succès de projets de foresterie urbaine. De façon plus générale, Portney (2005) insiste sur l'impact positif qu'une forte implication citoyenne peut avoir pour la promotion du développement durable d'une ville.

L'importance accordée par les répondants à la participation de la municipalité concorde également avec ce qui se retrouve dans la littérature scientifique. Lewis et Boulahanis (2008) ont démontré que le facteur le plus significatif favorisant la durabilité du couvert forestier urbain était l'implication et l'organisation des institutions municipales, ou le fait de dédier à la question des arbres urbains une personne, un département et un budget. Odudu et Omirin (2012) soulignent également que c'est la municipalité qui a le pouvoir de

dédier des espaces publics à la production alimentaire et d'assurer aux producteurs urbains l'accès à long terme à ces nouvelles aires de culture. Finalement, un parc public demeurant sous régie municipale, il est nécessaire d'en planifier l'aménagement en accord avec les politiques locales de développement urbain.

Il ne faut toutefois pas oublier que l'appui de ces trois groupes d'acteurs (municipalité, communauté locale et comités environnementaux) est directement influencé par l'ampleur des bénéfices auxquels ils peuvent s'attendre en participant aux activités productives (William 2000). Pour cette raison, l'analyse financière réalisée dans le cadre de ce projet de recherche visait à étudier l'importance des gains financiers éventuels pour chaque niveau d'acteurs. Les résultats suggèrent que d'un point de vue municipal, les gains pourraient être suffisamment élevés pour motiver les autorités à considérer l'introduction d'arbres nourriciers au sein de leur programme de foresterie urbaine. Au niveau des producteurs, la même analyse laisse par contre conclure à des profits relativement limités, suggérant que l'argument financier n'est pas suffisant pour motiver leur implication. Toutefois, les modes de distribution des denrées récoltées suggérés par les répondants dans le cadre de ce projet de recherche semblent indiquer que l'accent est plutôt mis sur la consommation des produits et l'aide alimentaire au sein des quartiers. Ces résultats laissent donc croire qu'on vise un objectif plus social qu'économique, donc que la rentabilité limitée des systèmes arborés pourrait n'avoir qu'un impact réduit sur leur volonté de prendre part aux activités d'entretien des arbres nourriciers.

D'autres facteurs, mentionnés dans la littérature scientifique, contribuent à favoriser la participation de la communauté et le succès de projets de foresterie urbaine. Même s'ils ne sont pas ressortis clairement de notre étude, ils méritent d'être considérés. Premièrement, la formation technique des résidents locaux prêts à s'impliquer pour l'entretien et la gestion des systèmes arborés est primordiale pour le succès de cette stratégie productive. En effet, la pratique de techniques d'entretien et de gestion de l'arbre inadéquates (taille, greffes, *etc.*), le stress relié au site d'implantation, le choix d'espèces mal adaptées au contexte climatique local et les problèmes de ravageurs ont été identifiés comme importantes causes de mortalité des arbres urbains (Nowak *et al.* 2004, Lewis et Boulahanis 2008). Pourtant, l'accès à un appui technique fait généralement défaut en agriculture urbaine et rares sont les producteurs qui en bénéficient (Branco et de Alcântara 2011, Cidade et Fonte 2012). Un financement inadéquat et le manque d'investissements réalisés par la municipalité sont pointés du doigt pour expliquer que les producteurs urbains soient livrés à eux-mêmes dans la conduite de leurs activités agricoles (Lewis et Boulahanis 2008).

Dans le cas étudié ici, les producteurs potentiels sont des résidents du quartier dont la majorité n'ont aucune connaissance en gestion de l'arbre. L'accès à de l'information et à une assistance technique est donc essentiel pour leur permettre de développer les capacités nécessaires pour assurer un entretien optimal des systèmes arborés productifs. Dans le cas du présent projet, l'analyse financière a démontré que les économies réalisées par la municipalité grâce à l'implication citoyenne pour l'entretien des arbres permettraient de financer l'embauche d'un spécialiste forestier dont le rôle serait de former et d'accompagner les producteurs pour la conduite optimale des activités de gestion des arbres. Il importe de noter que la nécessité d'assurer un support technique renforce l'importance à accorder à un partenariat municipalité-communauté pour la réalisation du projet.

D'autres facteurs favorables à l'implication de la communauté ont été identifiés par Shan (2012) : la hausse de la conscience civique des citoyens, la prise de conscience face aux bénéfices de la foresterie urbaine et un fort désir de vivre dans un environnement de qualité. Une telle prise de conscience collective passe par la sensibilisation de l'ensemble de la communauté face à l'importance sociale et environnementale du projet (William 2000). Elle est la clé qui assure l'acceptabilité du projet par les résidents du quartier et a le pouvoir de transformer chaque utilisateur du parc en un agent de protection des systèmes arborés. L'atteinte d'un tel objectif se base, entre autres, sur le développement de programmes d'éducation relative à l'environnement intégrant l'aspect particulier des arbres nourriciers dans le concept plus général de la foresterie urbaine. À Villa El Salvador, les comités environnementaux qui s'investissent depuis 2006 pour promouvoir le développement durable de leurs quartiers semblent être les acteurs tout indiqués pour réaliser cette sensibilisation.

#### 4.2.3 Facteurs contraignants

L'analyse M.O.F.F. a également permis d'identifier des contraintes associées à l'implantation d'arbres nourriciers au sein d'espaces verts publics, dont les deux principales sont : (1) les pertes par vol de produits et (2) de possibles conflits au sein de la communauté locale liés à la distribution des denrées récoltées.

Premièrement, la majorité des répondants anticipe un problème de vols de produits risquant de générer un contexte fortement conflictuel au sein des quartiers et de réduire l'intérêt des producteurs potentiels envers le projet. L'analyse financière a par ailleurs montré que la perspective de vols, prise en compte par le

facteur de perte ( $L$ ) dans les calculs de performance financière, était la variable ayant le plus d'impact sur la rentabilité des systèmes productifs. Comme un espace public doit demeurer accessible à l'ensemble de la population et qu'il est impossible d'isoler les produits à récolter en installant des barrières ou d'autres modes de restriction d'accès, mangues, figues, avocats et autres produits des arbres se retrouvent donc facilement accessibles à tout visiteur du parc.

Il importe toutefois de relativiser la question des vols pour les étudier dans le contexte particulier d'une production alimentaire au sein d'un espace public accessible à tous, où la définition de la propriété des produits peut prêter à débat. Tel que mentionné précédemment, le principal facteur motivant l'implication de citoyens dans les activités d'entretien des arbres est étroitement lié à la perspective de récolter des produits alimentaires destinés à la consommation ou à la vente, donc à la possibilité d'en retirer un bénéfice personnel. En même temps, l'utilisation d'un espace à vocation nettement publique pour la conduite d'activités productives peut donner une connotation collective à la propriété des produits, pouvant en amener certains à se conférer un droit de récolte ou, tout simplement, à cueillir des fruits sans avoir l'impression de commettre un vol. Une telle opposition entre propriété privée et bien collectif pourrait favoriser l'apparition de conflits au sein de la communauté locale au sujet de la distribution des denrées récoltées. Une cueillette effectuée par un utilisateur du parc non impliqué dans la gestion des arbres pourrait, pour les producteurs, signifier une perte nette de rendements ou être considérée comme un vol, alors qu'elle pourrait n'être en fait que le fruit d'un malentendu par rapport à la propriété réelle des produits.

Dans le cadre du présent projet, les répondants ont manifesté leur volonté d'aider les plus démunis de leur quartier en s'associant avec les programmes locaux de dépannage alimentaire et en partageant avec eux une partie des récoltes. Une telle considération pour les plus nécessiteux pourrait fortement contribuer à favoriser l'acceptation du projet de plantation d'arbres nourriciers par l'ensemble de la communauté locale, minimisant par le fait même les sources possibles de conflits. Un tel accueil du projet passe toutefois par une bonne communication entre les *leaders* locaux, la municipalité et la population en général. Lewis et Boulahanis (2008) ont d'ailleurs illustré par des études de cas l'importance que revêtent une bonne communication entre les différents acteurs et le fait d'assurer une prise de décision démocratique pour favoriser le succès des projets et éviter les conflits au sein d'un groupe de participants et de la communauté locale.

### 4.3 Les arbres nourriciers et l'urbanisation durable

Le concept des arbres nourriciers va bien au-delà de la simple stratégie de foresterie urbaine et s'insère dans le thème plus englobant de l'urbanisation durable. Ce concept de développement privilégie l'équilibre entre les dimensions sociale, écologique et économique de la dynamique urbaine (Rasoolimanesh *et al.* 2012).

L'aspect productif des arbres nourriciers permet de fusionner ces trois dimensions. D'une part, lorsque leurs produits sont utilisés pour améliorer la sécurité alimentaire au sein d'un quartier donné, les arbres nourriciers favorisent la défragmentation du tissu social et la lutte contre la marginalisation des plus pauvres. D'autre part, ils favorisent la création d'opportunités économiques, même modestes, qui permettent dans une certaine mesure aux producteurs d'améliorer leur sécurité financière. De plus, les arbres nourriciers s'intègrent au couvert arboré total d'une ville, contribuant par le fait même à l'ensemble des bénéfices écologiques et économiques généralement associés à la forêt urbaine : augmentation de la valeur des terrains, amélioration de la qualité de l'environnement, augmentation de la diversité biologique en milieu urbain, *etc.* (Luttik 2000, Nowak *et al.* 2006, McPherson *et al.* 2007, Vergriete et Labrecque 2007, Huang *et al.* 2008, Lin *et al.* 2008).

#### *La considération des arbres nourriciers au sein des politiques publiques*

L'offre de l'ensemble de ces services diversifiés ne peut être optimale que si les projets implantés se développent et se maintiennent à long terme. Au niveau municipal, la durabilité d'un projet de production alimentaire urbain est favorisée lorsque les actions mises en oeuvre s'insèrent dans des politiques locales (William 2000, Odudu et Omirin 2012). Par exemple, les villes de Rosario (Argentine) et La Havane (Cuba) ont toutes deux su intégrer leurs programmes d'agriculture urbaine au sein de politiques publiques qui ont permis d'en systématiser la prise en compte et de favoriser la continuité à long terme des actions (Cabennes 2012).

Par définition, une politique publique est le reflet des engagements, de la vision et des orientations définis par une municipalité et guidant les actions gouvernementales dans des secteurs d'activités d'intérêt public (Smith 2003, Goffin 2007). Ce cadre normatif se développe à la suite d'un processus réflexif entrepris par les autorités municipales (Goffin 2007) et s'appuyant sur la concertation avec les acteurs locaux pour s'assurer d'intégrer leurs préoccupations et leurs priorités (Smith 2003). Selon Bo et Chang-jun (2012), une

politique publique bien développée et utilisée efficacement permet de motiver les producteurs potentiels à prendre part à la construction d'un réseau urbain de production alimentaire et d'éviter le dédoublement de projets, en plus de représenter une excellente avenue pour la recherche de fonds.

À Villa El Salvador, la municipalité a développé, en collaboration avec la population, le *Plan intégral de développement concerté à l'horizon 2021* (Villa El Salvador 2006), devenu le document cadre pour la planification du développement urbain durable. On y retrouve les préoccupations citoyennes concernant le développement d'espaces verts (Ligne stratégique 2 – Une ville saine<sup>6</sup> (traduction libre)) (p. 36) et la production alimentaire (Ligne stratégique 3 – Développement économique<sup>7</sup> (traduction libre)) (p. 40). La municipalité a également énoncé clairement ses priorités en lien avec la foresterie urbaine et le développement d'espaces verts dans le cadre de son programme *Villa Verde* (Villa El Salvador 2006). Par contre, aucun de ces documents cadres ne fait mention de la question des arbres nourriciers ou du potentiel des espaces verts publics pour augmenter la production alimentaire urbaine.

On peut voir que la question des arbres nourriciers, en permettant d'assurer l'expansion du couvert forestier tout en contribuant à lutter contre l'insécurité alimentaire, cadre parfaitement avec les préoccupations de la municipalité de Villa El Salvador et de ses citoyens. Il revient donc aux autorités publiques d'intégrer la question des arbres nourriciers à un texte normatif clair dans lequel les rôles et responsabilités de chaque acteur impliqué dans l'implantation des projets et l'entretien des arbres sont clairement définis.

#### *La concertation dans la planification – un choix de politique de quartier*

Au niveau de la communauté locale, la durabilité des actions de développement durable au sein d'un quartier donné nécessite la concertation et l'accord de l'ensemble des habitants locaux, une préoccupation qui s'inscrit dans le concept urbanistique de la politique de quartier. Porteuse de l'identité d'une communauté, une politique de quartier se développe en concordance entre l'environnement perçu et les buts et sensibilités de chacun (Moser 2009), et repose sur la mobilisation de la population autour d'un objectif de développement commun. Elle n'est pas nécessairement consignée dans un texte écrit, mais consiste plutôt en une démonstration des priorités des résidents à travers la mise en œuvre d'actions entreprises collectivement pour le développement du milieu de vie commun. Par exemple, l'objectif visé par la production, que ce soit la commercialisation, l'autoconsommation ou l'aide alimentaire du groupe

---

<sup>6</sup> Línea estratégica 2 - Ciudad saludable

<sup>7</sup> Línea estratégica 3 – Desarrollo económico

résidentiel, définit clairement l'esprit de communauté qui anime les résidents et influence l'image extérieure projetée.

Un parc étant au cœur de la vie de quartier et faisant office de lieu de rassemblement d'une communauté, il favorise l'expression de l'opinion publique citoyenne (Zepf 2004). Selon une telle figure, un projet de production alimentaire implanté au sein d'un parc public s'intègre à la politique de quartier que tente de définir chaque communauté locale.

#### **4.4 Besoins en recherches supplémentaires**

La question de la plantation d'arbres nourriciers au sein de parcs publics de quartier n'en est encore qu'à ses premiers balbutiements et les besoins en recherches supplémentaires sont nombreux. Il est en effet essentiel de développer les aspects techniques pour favoriser la maximisation des rendements obtenus, mais également de mieux comprendre les facteurs sociaux et économiques ayant une influence sur le succès des systèmes productifs.

##### *Aspects techniques*

L'analyse de sensibilité conduite dans le cadre du volet financier du présent projet de recherche a montré que les rendements et les prix du marché se retrouvaient parmi les variables ayant la plus grande influence sur les bénéfices attendus pour les producteurs. Il est possible d'avoir une influence sur les rendements en développant les aspects techniques associés à la production. Le problème de la courte longévité des arbres en foresterie urbaine est un thème qui a été fort discuté, mais très peu quantifié (Roman 2006). Des études récentes ont montré que certaines espèces avaient plus de facilité que d'autres à survivre en milieu urbain (Nowak *et al.* 2004, Roman 2006, Lu *et al.* 2010), mais, à notre connaissance, aucune étude n'a été réalisée à ce jour sur la longévité des arbres nourriciers en ville et les rendements obtenus.

Dans le cadre du présent projet, une sélection de dix espèces d'arbres a été réalisée en fonction de l'intérêt qu'y accordait la population locale et de leur degré d'adaptation au contexte climatique de Villa El Salvador. Toutefois, des études supplémentaires sur le terrain doivent être réalisées pour évaluer le taux de survie des arbres et les baisses de rendement attendues en raison des conditions de croissance difficiles. De façon plus générale, comme les arbres nourriciers n'ont été que très peu étudiés, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour déterminer les espèces les plus résistantes aux contraintes de

croissance qui caractérisent le milieu urbain. D'autres aspects techniques pourraient également être étudiés, tels que l'essai de différents types de taille et d'élagage, différents régimes d'irrigation, *etc.* Les techniques de production des jeunes plants en pépinière peuvent également avoir un impact sur la croissance des arbres une fois plantés en milieu urbain, tel que démontré par Ferrini *et al.* (2000) lors d'analyses préliminaires dans le domaine de la foresterie urbaine.

#### *Aspects financiers et valeur ajoutée*

D'un point de vue économique, s'il est difficile d'influencer les prix des produits sur le marché local, il est possible d'agir sur le type de produit mis en vente de façon à maximiser les profits attendus. Par exemple, la production de gelées de fruits, de crèmes glacées, de jus et autres produits de la transformation pourrait contribuer à hausser significativement le prix de vente et contribuer à améliorer la rentabilité des projets. Des analyses financières supplémentaires devraient donc être réalisées en ce qui a trait à la valeur ajoutée potentielle associée à la transformation locale des produits.

La maximisation de la performance financière d'un système arboré productif peut également passer par la réduction du nombre de producteurs impliqués, de façon à augmenter la part de profits possibles par personne. Serait-il ainsi possible pour le producteur d'obtenir l'équivalent du salaire minimum en vigueur au Pérou, voire même plus? Cependant, la communauté locale est-elle prête à accepter la mise en place d'une production à caractère privé au sein de son parc public?

Parmi les autres études possibles au plan financier, on peut mentionner le développement de stratégies pour diminuer les investissements initiaux et les frais récurrents en intrants, la valorisation des produits secondaires dans le cas de la plantation d'arbres à usages multiples et l'intégration des bénéfices environnementaux dans une analyse bénéfices-coûts complète.

#### *Aspects sociaux et sécurité alimentaire*

Au plan social, le potentiel des arbres nourriciers sous gestion communautaire pour lutter contre l'insécurité alimentaire reste à évaluer avec soin pour éviter toute surestimation. Des études supplémentaires sont également nécessaires à Villa El Salvador pour définir de façon plus détaillée les modes de distribution des produits à privilégier : quel compromis peut être trouvé entre la communauté locale et les groupes de

producteurs pour favoriser l'acceptabilité du projet ? Une telle stratégie communautaire de production alimentaire en milieu urbain risque-t-elle d'être confrontée à des conflits sociaux insurmontables ?

### *Augmenter l'échelle d'analyse*

Il importe finalement d'étudier la question des arbres nourriciers sur l'ensemble du territoire municipal pour définir le potentiel total de production alimentaire des espaces verts de quartier. Des espaces urbains publics autres que les parcs, tels que les bords des rues, les terrains municipaux ou autres, pourraient également être considérés. La contribution des arbres nourriciers à la capacité d'une ville à atteindre l'autosuffisance pour certains produits des arbres constitue également un intéressant sujet de recherche. Finalement, une vaste étude du potentiel productif de Villa El Salvador pourrait être conduite en y considérant non seulement la question des arbres nourriciers, mais en intégrant également l'horticulture maraîchère, l'élevage et d'autres formes de production alimentaire urbaine, sur terrains privés comme publics.

Toutes ces questions permettront certainement d'approfondir nos connaissances sur le concept des arbres nourriciers et nous permettront de définir des stratégies efficaces permettant de maximiser les bénéfices obtenus grâce à l'établissement de systèmes arborés productifs au sein d'espaces verts publics municipaux.



## Conclusion

Le projet décrit dans ce mémoire aborde les concepts de la foresterie et de l'agriculture urbaine sous un angle nouveau, soit celui des arbres nourriciers plantés en systèmes productifs sous gestion communautaire au sein de parcs publics de quartiers. L'idée d'une telle stratégie de plantation vient de la volonté de tirer profit de tout espace urbain disponible pour favoriser la production alimentaire en ville, et particulièrement dans les quartiers défavorisés, dans une optique de développement urbain durable.

Le potentiel agricole des parcs publics commence tout juste à attirer l'attention des chercheurs et des acteurs du développement urbain durable. Ce projet a permis d'identifier les principaux facteurs à prendre en compte pour favoriser la promotion et l'adoption d'une telle stratégie productive au sein des quartiers de Villa El Salvador. Les résultats montrent que le concept des arbres nourriciers a le potentiel de devenir un outil de lutte contre l'insécurité alimentaire chez les habitants les plus démunis des villes en favorisant la consommation des produits récoltés ou le partage d'une part de la récolte avec les programmes locaux d'aide alimentaire. Les résultats montrent également qu'il peut être financièrement intéressant pour une municipalité d'implanter des arbres nourriciers au sein de parcs publics de quartier et d'en confier la gestion à des habitants. Toutefois, l'analyse suggère que la ville doit assurer l'encadrement et la formation des producteurs potentiels pour assurer la durabilité de ce type de projet participatif et, ainsi, bénéficier à long terme de l'implication de la communauté locale dans l'entretien du couvert arboré municipal.

Cette recherche a donc permis de générer des données préliminaires et de développer des connaissances permettant d'offrir aux agents locaux du développement urbain, qu'ils soient décideurs municipaux, leaders communautaires ou autres, un argumentaire facilitant la prise de décision concernant l'intégration ou non d'arbres nourriciers aux programmes de foresterie urbaine et aux politiques de quartiers. Puisque la question des arbres nourriciers introduits en milieu urbain semble gagner en intérêt un peu partout à travers le monde, le moment semble idéal pour poursuivre la recherche en ce sens.



## Bibliographie

Aubry, C., Ramamonjisoa J., Dabat, M.-H., Rakotoarisoa, J., Rakotondraibe, J. & Rabeharisoa, L. (2012). Urban agriculture and land use in cities: An approach with the multi-functionality and sustainability concepts in the case of Antananarivo (Madagascar). *Land Use Policy*, 29, 429-439.

Baker, J. & Schuler, N. (2004). *Analyzing Urban Poverty: A Summary of Methods and Approaches*. [En ligne]. World Bank Policy Research, Working Paper No. 3399. <<http://ssrn.com/abstract=625276>>. Consulté le 14 novembre 2009.

Barrett, C.B. (2010). Measuring Food Insecurity. *Science*, 327(5967), 825-828.

BCRP. (2010). *Nota informativa – Programa monetario de enero 2010*. [En ligne]. Banco central de reserva del Perú. <<http://www.bcrp.gob.pe/docs/Transparencia/Notas-Informativas/2010/Nota-Informativa-BCRP-20100107.pdf>>. Consulté le 2 août 2010. (Espagnol).

Bellefontaine, R., Petit, S., Orcet, M.P., Deleporte, P. & Bertault, J.-G. (2001). *Les arbres hors forêts, Vers une meilleure prise en compte*. [En ligne]. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <<http://www.fao.org/docrep/005/Y2328F/y2328f00.htm>>. Consulté le 25 mars 2009.

Binns, T. & Lynch, K. (1998). Feeding Africa's growing cities into the 21st century: The potential of urban agriculture. *Journal of International Development*, 10(6), 777-793.

Bo, G. & Chang-jun, S. (2012). Development of urban agriculture : A case study of Quianjin village, Jiangxia district, Wuhan city. *Asian Agricultural Research*, 4(7), 18-20, 27.

Brack, C.L. (2002). Pollution mitigation and carbon sequestration by an urban forest. *Environmental Pollution*, 116, S195–S200.

Branco, M.C. & de Alcântara, F.A. (2011). Hortas urbanas e periurbanas: o que nos diz a literatura brasileira? *Horticultura Brasileira*, 29, 421-428. (Portugais).

Brockerhoff, M.P. (2000). An urbanizing world. *Population Bulletin*, No. 55, Vol. 3. Population Reference Bureau, Washington. 48 p.

Brown, K.H. & Jameton, A.L. (2000). Public Health Implications of Urban Agriculture. *Journal of Public Health Policy*, 21(1), 20-39.

Cabannes, Y. (2012). *Pro-poor legal and institutional frameworks for urban and peri-urban agriculture*. FAO Legislative Study 108, Development Law Service, FAO Legal Office, Rome, 92 p.

Carreiro, M.M. (2008). Introduction: The growth of cities and urban forestry. p. 3-9 In : *Ecology, Planning, and Management of Urban Forests: International Perspectives*. Carreiro, M.M., Song, Y.-C. & Wu, J. (Eds.), Springer Series on Environmental Management, Springer, Dordrecht, 468 p.

Cavendish, W. (2002). Quantitative Methods for Estimating the Economic Value of Resource Use to Rural Households, p. 12-65. In : *Uncovering the Hidden Harvest – Valuation Methods for Woodland & Forest Resources*. Campbell, B.M. & Luckert, M.K. (Eds.). Earthscan, London, 262 p.

Centre for Liveable Cities & Urban Land Institute. (2013). *10 principles for liveable high density cities: lessons from singapore*. [En ligne]. Urban Land Institute, Washington, and Center for Liveable Cities, Singapore. <<http://www.uli.org/press-release/10-principles-singapore/>>. Consulté le 5 mai 2013.

Chavarria, L. (2009). Encuestas a los agricultores urbanos de Villa El Salvador. IPES – Promoción del desarrollo sostenible, Lima. 8 p.

Chen, S. & Ravallion, M. (2007). Absolute Poverty Measures for the Developing World, 1981-2004. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(43), 16757-16762.

Chicago Rarities Orchard Project. (2009). *Chicago rarities orchard project*. [En ligne]. < <http://www.chicagorarities.org> >. Consulté le 25 mai 2013.

Chiesura, A. (2004). The role of urban parks for the sustainable city. *Landscape and Urban Planning*, 68, 129-138.

Cidade, H.A. & Fonte, N.N. (2012). Bottlenecks for Organic Agriculture and the Way Out - the Case of Curitiba's Metropolitan Area Brazil. *Acta Horticulturae*, 933, 637-640.

City Fruit. (2013). *City Fruit*. [En ligne]. < <http://cityfruit.org/> >. Consulté le 25 mai 2013.

Cohen, M.J. & Garrett, J.L. (2009). *The food price crisis and urban food (in)security*. Human settlements working paper series, Urbanization and emerging population issues -2. International Institute for Environment and Development, London & United Nations Population Fund, New York. 36 p.

Colton, D. & Covert, R.W. (2007). *Designing and Constructing Instruments for Social Research and Evaluation*. Jossey-Bass (Ed), San Francisco, 394 p.

Curry, L.A., Nembhard, I.M. & Bradley, E.H. (2009). Qualitative and Mixed Methods Provide Unique Contributions to Outcomes Research. *Circulation*, 119, 1442-1452.

Deelstra, T., Boyd D. & van den Biggelaar, M. (2001). Multifunctional land use: an opportunity for promoting urban agriculture in Europe. *Urban Agriculture Magazine*, 4, 33-35.

De Zeeuw, H. & Dubbeling, M. (2009). *Cities, agriculture and poverty: Challenges and the way forward*. Consultation technique organisée par le groupe multidisciplinaire *Food for the Cities* de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et la Fondation RUAUF. 24-25 Septembre 2009. Rome. 33 p.

Dixon, J., Omwega, A.M., Friel, S., Burns, C., Donati K. & Carlisle, R. (2007). The Health Equity Dimensions of Urban Food Systems. *Journal of Urban Health: Bulletin of the New York Academy of Medicine*, 84(1), i118 - i129.

Dubbeling, M., De Zeeuw, H., & van Veenhuizen, R. (2010). *Cities, poverty and food: multi-stakeholder policy and planning in urban agriculture*. Practical Action Publishing Ltd, Warwickshire. 190 p.

Dwyer, J.F., Nowak, D.J. & Noble, M.H. (2003). Sustaining urban forests. *Journal of Arboriculture*, 29(1), 49-55.

Escobedo, F.J. & Nowak, D.J. (2009). Spatial heterogeneity and air pollution removal by an urban forest. *Landscape and Urban Planning*, 90, 102-110.

Fallen Fruit. (s.d.) *Fallen Fruit*. [En ligne]. < <http://fallenfruit.org/> >. Consulté le 25 mai 2013.

FAO. (2009). *Déclaration du Sommet mondial sur la sécurité alimentaire*. [En ligne]. Sommet mondial sur la sécurité alimentaire. 16-18 novembre 2009. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. <[http://www.fao.org/WFS/index\\_fr.htm](http://www.fao.org/WFS/index_fr.htm)>. Consulté le 1<sup>er</sup> février 2010.

Ferrini, F., Nicese, F.P., Mancuso, S. & Giuntoli, A. (2000). Effect of nursery production method and planting techniques on tree establishment in urban sites: Preliminary results. *Journal of Arboriculture*, 26(5), 281-284.

Fleming, J.J., Straka, T.J. & Miller, S.E. (2006). An econometric model to predict participation in urban and community forestry programs in South Carolina, U.S. *Arboriculture & Urban Forestry*, 32(5), 229-235.

Forman, E. & Peniwati, K. (1998). Aggregating Individual Judgments and Priorities with the Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 108, 165-169.

Friends of the Beacon Food Forest. (s.d.). *Beacon Food Forest – Growing food, growing community*. [En ligne]. < <http://beaconfoodforest.weebly.com> >. Consulté le 25 mai 2013.

Goffin, C. (2007). *Les politiques publiques*. Séminaire. 3-4 avril 2007. Université de Pau et des Pays de l'Adour, UFR pluridisciplinaire de Bayonne, Projet Interform, Pau. 6 p.

Grewal, S.S. & Grewal, P.S. (2012). Can cities become self-reliant in food? *Cities*, 29, 1-11.

Guitart, D., Pickering, C. & Byrne, J. (2012). Past results and future directions in urban community gardens research. *Urban Forestry & Urban Greening*, 11, 364-373.

Hardin, P. & Jensen, R.R. (2007). The effect of urban leaf area on summertime urban surface kinetic temperatures: A Terre Haute case study. *Urban Forestry & Urban Greening*, 6, 63-72.

Holmes, T.P. & Adamowicz, W.L. (2003). Chapter 6: Attribute-Based Methods. In: *A Primer on Nonmarket Valuation*, p. 171-220. Champ, P.A., Boyle, K.J. & Brown, T.C. (Eds). The Economics of Non-Market Goods and Resources Series, Kluwer Academic Publishers, Norwell, 576 p.

Huang, L., Li, J., Zhao, D. & Zhu, J. (2008). A fieldwork study on the diurnal changes of urban microclimate in four types of ground cover and urban heat island of Nanjing, China. *Building & Environment*, 43, 7-17.

Hubbard, M. & Onumah, G. (2001). Improving urban food supply and distribution in developing countries: the role of city authorities. *Habitat International*, 25, 431-446.

INEI. (2008). *Perfil sociodemográfico de la provincia de Lima. Censos nacionales 2007: XI de población y VI de vivienda* [En ligne]. Instituto nacional de estadística e informática. <<http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0838/libro15/Libro.pdf>> Consulté le 13 octobre 2009. (Espagnol).

INEI. (2009). *Mapa de pobreza provincial y distrital 2007 – El enfoque de la pobreza monetaria*. [En ligne]. Instituto nacional de estadística e informática. <[http://www.mef.gob.pe/contenidos/pol\\_econ/documentos/Mapa\\_Pobreza\\_2007.pdf](http://www.mef.gob.pe/contenidos/pol_econ/documentos/Mapa_Pobreza_2007.pdf)> Consulté le 11 février 2014. (Espagnol).

INEI. (2012). *11 de junio - Día mundial de la población*. [En ligne] Instituto nacional de estadística e informática. <<http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib1032/libro.pdf>> Consulté le 25 octobre 2012. (Espagnol).

Johnson, D.P. & Wilson, J.S. (2009). The Socio-Spatial Dynamics of Extreme Urban Heat Events: The Case of Heat-Related Deaths in Philadelphia. *Applied Geography*, 29, 419-434.

Kanbur, R. & Squire, L. (1999). *The evolution of thinking about poverty: Exploring the interactions*. Working papers, Department of Applied Economics and Management, Cornell University, Ithaca, 33 p.

King, V.J. & Davis, C. (2007). A Case Study of the Urban Heat Islands in the Carolinas. *Environmental Hazards*, 7, 353-359.

Koc, M., MacRae, R., Mougeot, L.J.A. & Weish, J. (1999). *For Hunger-Proof Cities: Sustainable Urban Food Systems*. International Development Research Center, Ottawa, 252 p.

Kolokotroni, M. & Giridharan, R. (2008). Urban Heat Island Intensity in London: An Investigation of the Impact of Physical Characteristics on Changes in Outdoor Air Temperature During Summer. *Solar Energy*, 82, 986-998.

Konijnendijk, C.C. & Gauthier, M. (2006). Urban forestry for multifunctional land use, p. 413-442. In: *Cities Farming for the Future: Urban Agriculture for Green and Productive Cities*. van Veenhuizen, R. (Ed.), International Development Research Centre, Ottawa. 458 p.

Konijnendijk, C.C., Robert, M.R., Kenney, A. & Randrup, T.B. (2006). Defining urban forestry – A comparative perspective of North America and Europe. *Urban Forestry & Urban Greening*, 4, 93-103.

Kurttila, M., Pesonen, M., Kangas, J. & Kajanus, M. (2000). Utilizing the Analytic Hierarchy Process (AHP) in SWOT Analysis — A Hybrid Method and its Application to a Forest-Certification Case. *Forest Policy and Economics*, 1(1), 41-52.

Kutiwa, S., Boon, E. & Devuyst, D. 2010. Urban agriculture in low income households of Harare: an adaptive response to economic crisis. *Journal of Human Ecology*, 32(2), 85-96.

Levasseur, V., Pasquini, M.W., Kouamé, C. & Temple, L. (2007). A review of urban and peri-urban vegetable production in West Africa, *Acta Horticulturae*, 762, 245-252.

Lewis, B.L. & Boulahanis, J.G. (2008). Keeping up the urban forest: predictors of tree maintenance in small southern towns in the United States. *Arboriculture & Urban Forestry*, 34(1), 41-46.

Lin, B., Li, X., Zhu, Y. & Qin, Y. (2008). Numerical simulation studies of the different vegetation patterns' effects on outdoor pedestrian thermal comfort. *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics*, 96, 1707-1718.

Long, A.J. & Nair, P.K.R. (1999). Trees outside forests : agro-, community, and urban forestry. *New Forests*, 17, 145-174.

Lourdes, S.O. (2009). *Evaluación de los árboles fuera del bosque en el consejo popular Pogolotti – Finlay - Belen – Husillo para beneficio del programa nacional de agricultura urbana*. [Mémoire de maîtrise]. Instituto de investigaciones fundamentales de agricultura tropical Alejandro de Humboldt, La Havane. 111 p. (Espagnol).

Louviere, J.J., Hensher, D.A. & Swait, J.D. (2000). *Stated-Choice Methods : Analysis and Applications*. University Press, Cambridge, 401 p.

Loveys, B., Dry, P., Hutton, R. & Jerie, P. (1999). *Improving the water use efficiency of horticultural crops – Final report*. NPIRD Project CDH1, National Program for Irrigation Research and Development, the Commonwealth of Australia. Australian Government, Sydney. 36 p.

Lu, J.W.T., Svendsen, E.S., Campbell, L.K., Greenfeld, J., Braden, J., King, K.L. & Falxa-Raymond, N. (2010). Biological, Social, and Urban Design Factors Affecting Young Street Tree Mortality in New York City. *Cities and the Environment*, 3(1), article 5. 15 p.

Luber, G. & McGeehin, M. (2008). Climate Change and Extreme Heat Events. *American Journal of Preventive Medicine*, 35(5), 429-435.

Luttik, J. (2000). The value of trees, water and open space as reflected by house prices in the Netherlands. *Landscape and Urban Planning*, 48, 161-167.

Madaleno, I. (2000). Urban agriculture in Belém, Brazil. *Cities*, 17(1), 73-77.

Makumbelo, E., Lukoki, L., Paulus, J.S. & Luyindula, N. (2002). Inventaire des espèces végétales mises en culture dans les parcelles en milieu urbain. Cas de la commune de Limete - Kinshasa - R.D. Congo. *Tropicultura*, 20(2), 89-95.

Manley, B. (2003). Discount rates used for forest valuation – results of 2003 survey. *New Zealand Journal of Forestry*, 48(3), 29-31.

Mason, M. (2010). Sample Size and Saturation in PhD Studies Using Qualitative Interviews [En ligne]. Forum: Qualitative Social Research 11(8): Article 8. <<http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/1428/3027#g11>>. Consulté le 28 juillet 2012.

McDonald, A.G., Bealey, W.J., Fowler, D., Dragosits, U., Skiba, U., Smith, R.I., Donovan, R.G., Brett, H.E., Hewitt, C.N. & Nemitz, E. (2007). Quantifying the effect of urban tree planting on concentrations and depositions of PM<sub>10</sub> in two UK conurbations. *Atmospheric Environment*, 41, 8455-8467.

McLain, R., Poe, M., Hurley, P.T., Lecompte-Mastenbrook, J. & Emery, M.R. (2012). Producing edible landscapes in Seattle's urban forest. *Urban Forestry & Urban Greening*, 11, 187-194.

McPherson, E.G., Simpson, J.R., Peper, P.J., Gardner, S.L., Vargas, K.E. & Xiao, Q. (2007). *Northeast community tree guide: benefits, costs, and strategic planting*. General Technical Report PSW-GTR-202. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. Albany, 106 p.

Mitlin, D. (2004). Understanding Urban Poverty; What the Poverty Reduction Strategy Papers Tell Us. *Human Settlements Working Paper Series Poverty Reduction in Urban Areas No. 13*. International Institute for Environment and Development, London, 30 p.

Mochida, A. & Lun, I.Y.F. (2008). Prediction of Wind Environment and Thermal Comfort at Pedestrian Level in Urban Area. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 96, 1498-1527.

Morris, N.J. (2011). The Orchard: cultivating a sustainable public artwork in the Gorbals, Glasgow. *Cultural Geographies*, 18(3), 413-420.

Moser, G. (2009). *Psychologie environnementale – Les relations homme-environnement*. Éditions De Boeck Université, Bruxelles. 298 p.

Mougeot, L. (2006). *Growing Better Cities: Urban Agriculture for Sustainable Development*. Centre de Recherche en Développement International, Ottawa, 118 p.

Municipalidad metropolitana de Lima. 2013. [En ligne] <<http://www.munlima.gob.pe/ciudad/cifras.html>> Consulté le 18 août 2013. (Espagnol).

Nilsson, K. (2005). Urban Forestry as a Vehicle for Healthy and Sustainable Development. *Chinese Forestry Science and Technology*, 4(1), 1-14.

Nowak, D.J., Crane, D.E. & Stevens, J.C. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, 4, 115-123.

Nowak, D. J. & Dwyer, J. F. 2007. Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems. In: Kuser, J.E. (Ed). *Urban and Community Forestry in the Northeast*, 2nd ed. (p. 25-46) Springer Science + Business Media, New York.

Nowak, D.J., Kuroda, M. & Crane, D.E. (2004). Tree mortality rates and tree population projections in Baltimore, Maryland, USA. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2, 139 - 147.

Nugent, J.E., Kesner, C.D. & Bralts, V.F. (1999). *Irrigation needs for fruit trees based on replacing water losses* [En ligne]. Northwest Michigan Horticultural Research Station, Michigan State University, East Lansing. <<http://www.maes.msu.edu/nwmihort/irrtable.html>> Consulté le 29 novembre 2010.

Odudu, C.O. & Omirin, M.M. (2012). Evaluating the constraints affecting land access among urban crop farmers in metropolitan Lagos. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 2(2), 130-146.

Payton, S., Lindsey, G., Wilson, J., Ottensmann, J.R. & Man, J. (2008). Valuing the benefits of the urban forest: a spatial hedonic approach. *Journal of Environmental Planning and Management*, 51(6), 717-736.

Petrinovic, J.F., Gélinas, N. & Beaulieu, J. (2009). Benefits of using genetically improved white spruce in Quebec: The forest landowner's viewpoint. *The Forestry Chronicle*, 85(4), 571-582.

Phuc, N.Q., van Westen, A.C.M. & Zoomers, A. (2014). Agricultural land for urban development: The process of land conversion in Central Vietnam. *Habitat International*, 41, 1-7.

Portney, K. (2005). Civic engagement and sustainable cities in the United States. *Public Administration Review*, 65(3), 579–591.

Pourjavid, S., Sadighi, H. & Fami, H.S. (2013). Analysis of constraints facing urban agriculture development in Teheran, Iran. *International Journal of Agricultural Management and Development*, 3(1), 43-51.

Powe, N.A. (2007). *Redesigning Environmental Valuation – Mixing Methods Within Stated Preference Techniques*. Edward Elgar Publishing Limited, Cheltenham, 202 p.

Rasoolimanesh, S.M., Badarulzaman, N. & Jaafar, M. (2012). City development strategies (CDS) and sustainable urbanization in developing world. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 36, 623-631.

Rasul, G. & Thapa, G.P. (2006). Financial and economic suitability of agroforestry as an alternative to shifting cultivation: The case of the Chittagong Hill Tracts, Bangladesh. *Agricultural Systems*, 91, 29-50.

Ravallion, M., Chen, S. & Sangraula, P. (2002). New Evidence on the Urbanization of Global Poverty. *Population and Development Review*, 33(4), 667-701.

Reuther, S. & Dewar, N. (2005). Competition for the Use of Public Open Space in Low-Income Urban Areas: the Economic Potential of Urban Gardening in Khayelitsha, Cape Town. *Development Southern Africa*, 23(1), 97-122.

Ricker, M., Mendelsohn, R.O., Daly, D.C. & Angeles, C. (1999). Enriching the rainforest with native fruit trees: an ecological and economic analysis in Los Tuxtlas (Veracruz, Mexico). *Ecological Economics*, 31, 439-448.

Rodenburg, C.A. & Nijkamp, P. (2002). Multifunctional Land Use in the City - Research Memorandum 2002-25. *Built Environment – Special Issue: Multifunctional Urban Land Use as a New Planning Challenge*. Faculty of Economics and Business Administration, Department of Spatial Economics, Free University, Amsterdam. 21 p.

Roman, L. (2006). Trends in street tree survival, Philadelphia, PA. [En ligne]. (Mémoire de maîtrise) Department of Earth and Environmental Sciences, University of Pennsylvania, 30 p. < <http://repository.upenn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1003&context=mecapstones> > Consulté le 25 juillet 2013.

Rossi, A. (2001). *L'architecture de la ville*. InFolio éditions, Gollion, Suisse. 252 p.

Saaty, T.L. (1977). A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15, 234-281.

Saaty, T.L. (2008). Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.

Satterthwaite, D., McGranham, G. & Tacoli, C. (2010). Urbanization and its implications for food and farming. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 365, 2809-2820.

Scott, J.L. & Betters, D.R. (2000). Economic analysis of urban tree replacement decisions. *Journal of Arboriculture*, 26(2), 69-77.

Seamans, G.S. (2013). Mainstreaming the environmental benefits of street trees. *Urban Forestry & Urban Greening*, 12(1), 2-11.

Seeland, K., Dübendorfer, S. & Hansmann, R. (2009). Making friends in Zurich's urban forests and parks: The role of public green space for social inclusion of youths from different cultures. *Forest Policy and Economics*, 11, 10-17.

Semedo, R.J. da C.G. & Barbosa, R.I. (2007). Fruit trees in urban home gardens of Boa Vista, Roraima, Brazilian Amazonia. *Acta Amazonica*, 37(4), 497-504. (Portugais).

Shan, X.-Z. (2012). Attitude and willingness toward participation in decision-making of urban green spaces in China. *Urban Forestry & Urban Greening*, 11(2), 211-217.

Shen, L., Peng, Y., Zhang, X. & Wu, Y. (2012). An alternative model for evaluating sustainable urbanization. *Cities*, 29, 32-39.

Shillington, L.J. (2013). Right to food, right to the city: Household urban agriculture, and socio-natural metabolism in Managua, Nicaragua. *Geoforum*, 44, 103-111.

Smith, B.L. (2003). *Public Policy and Public Participation Engaging Citizens and Community in the Development of Public Policy*. Population & Public Health Branch Atlantic Regional Office, Health Canada, Ottawa. 96 p.

Smith, D.W. (1998). Urban food systems and the poor in developing countries. *Transactions of the Institute of British Geographers, New Series*, 23(2), 207-219.

SUNAT. (s.d.). Histórico de remuneración mínima vital y aportes mínimos 2000 – 2012. [En ligne]. In: *08. Tasas y cálculo de aportaciones a Essalud y ONP TH*. Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. <[orientacion.sunat.gob.pe](http://orientacion.sunat.gob.pe)> Consulté le 11 mars 2010. (Espagnol).

Tacoli, C., McGranahan, G. & Shatterthwaite, D. (2012). Urbanization, Poverty and Inequity: Is Rural-Urban Migration a Poverty Problem, or Part of the Solution?, p. 37-54. In: *The New Global Frontier: Urbanization, Poverty and Environment in the 21<sup>st</sup> Century* Martine, G., McGranahan, G., Montgomery, M. & Fernandez-Castilla, R. (Eds.). Earthscan, New York, 336 p.

Tiwary, A., Sinnett, D., Peachey, C., Chalabi, Z., Vardoulakis, S., Fletcher, T., Leonardi, G., Grundy, C., Azapagic, A. & Hutchings, T.R. (2009). An Integrated Tool to Assess the Role of New Planting in PM10 Capture and the Human Health Benefits: A Case Study in London. *Environmental Pollution*, 157(10), 2645-2653.

Tol, R.S.J. (2009). The Economic Effects of Climate Change. *Journal of Economic Perspectives*, 23(2), 29-51.

Torre, A., Aznar, O., Bonin, M., Caron, A., Chia, E., Galman, M., Lefranc, C., Melot, R., Guérin, M., Jeanneaux, P., Kirat, T., Paoli, J.C., Salazar, M.I. & Thinon, P. (2006). Conflits et tensions autour des usages de l'espace dans les territoires ruraux et périurbains – Le cas de six zones géographiques françaises. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, 2006(3), 415-553.

UNFPA. (2007). *État de la population mondiale 2007: libérer le potentiel de la croissance urbaine*. Fonds des Nations Unies pour la population, New York. 100 p.

UN-HABITAT. (2008). *The state of the world's cities 2008/9 – Harmonious cities*. United Nations Human Settlements Programme, Nairobi. 259 p.

United Nations Population Division. (2012). Percentage of Population Residing in Urban Areas by Major Area, Region and Country, 1950-2050. In: *World Urbanization Prospects: The 2011 Revision – CD-ROM Edition*. Organisation des Nations Unies, Département des affaires économiques et sociales, Division de la population, New York.

USAID. (2009). *Food Security Assessment– Household survey*. [En ligne]. Save the Children USA & United States Agency for International Development.

<<http://www.docstoc.com/docs/14184813/Rapid-Food-Security-Assessment-Tool-Questionnaire---Official-Site>>. Consulté le 28 janvier 2010.

Valaski, S., Adenilson, J. de C. & Nucci, J.C. (2008). Árvores frutíferas na arborização de calçadas do bairro Santa Felicidade – Curitiba/pr e seus benefícios para a sociedade. *Geografia, Ensino & Pesquisa*, 12, 972-985. (Portugais).

Vergriete, Y. & Labrecque, M. (2007). *Rôle des arbres et des plantes grimpantes en milieu urbain: Revue de littérature et tentative d'extrapolation au contexte montréalais*. Rapport pour le Conseil régional de l'environnement de Montréal. Jardin botanique de Montréal, Institut de recherche en biologie végétale, Montréal, 35 p.

Villa El Salvador. (2001). *Sectorización – Villa El Salvador*. [En ligne]. Municipalité de Villa el Salvador. 1 p. <[http://www.munives.gob.pe/plano\\_distrital/Plano\\_Distrital.jpg](http://www.munives.gob.pe/plano_distrital/Plano_Distrital.jpg)>. Consulté le 26 avril 2009. (Espagnol).

Villa El Salvador. (2006). *Plan integral de desarrollo concertado: Villa el Salvador al horizon 2021 – Resumen*. [En ligne]. Municipalité de Villa el Salvador. 32 p.

<<http://www.munives.gob.pe/PlanIntegral/ResumenAmpliado.pdf>> Consulté le 25 avril 2009. (Espagnol).

Villeneuve, P. & Côté, G. (1994). Conflits de localisation et étalement urbain : y a-t-il un lien? *Cahiers de Géographie du Québec*, 38(105), 397-412.

Westphal, L.M. (2003). Urban greening and social benefits: A study of empowerment outcomes. *Journal of Arboriculture*, 29(3), 137-147.

William, R.A. (2000). *Environmental planning for sustainable urban development*. Caribbean Water and Wastewater Association. 9<sup>th</sup> annual conference & exhibition, 2-6 octobre 2000, Trinidad, 35 p.

Yang, W. & Omaye, S.T. (2009). Air Pollutants, Oxidative Stress and Human Health. *Mutation Research*, 674, 45-54.

Yousefpour, R. & Hanewinkel, M. (2009). Modelling of forest conversion planning with an adaptive simulation-optimization approach and simultaneous consideration of the values of timber, carbon and biodiversity. *Ecological Economics*, 68, 1711-1722.

Zepf, M. (2004). Action publique, métropolisation et espaces publics – Les enjeux du débat. p. 3-12. In : *Concerter, gouverner et concevoir les espaces publics urbains*. Zepf, M. (Ed). Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 175 p.

Zérah, M.-H. (2007). Conflict between green space preservation and housing needs: The case of the Sanjay Gandhi National Park in Mumbai. *Cities*, 24(2), 122-132.

Zerbe, R.O. & Bellas, A.S. (2006). *A Primer for Benefit-Cost Analysis*. Edward Elgar Eds. Cheltenham. 316 p.

Zeza, A. & Tasciotti, L. (2010). Urban agriculture, poverty, and food security: Empirical evidence from a sample of developing countries. *Food Policy*, 35(4), 265-273.



# Annexe 1 : Calculs et bases de données de l'analyse financière

Par souci de clarté des résultats de l'analyse financière, les bases de données complètes n'y ont pas été présentées. Cette annexe vise donc à compléter l'information manquant pour permettre au lecteur de bien comprendre les calculs, les tableaux et les figures présentés dans le chapitre 2. Toutefois, il est important de noter que la quantité de données étant très importante, seul un exemple pour chaque tableau de résultats ou base de données est présenté.

## A.1. Calculs des coûts des intrants pris en compte dans le cadre de l'analyse financière

Les intrants considérés dans l'analyse financière ont été identifiés lors de groupes de discussion organisés dans chaque zone à l'étude, tel que décrit dans le 3<sup>e</sup> chapitre du présent mémoire. Cette section offre une description détaillée des calculs de chaque intrant considéré dans l'évaluation des coûts totaux inclus dans l'analyse financière.

### Coûts d'achat des jeunes arbres

Le calcul du coût d'achat des arbres a été réalisé en multipliant le prix des arbres par le nombre d'arbres par espèce considérée dans chaque système à l'étude (Tableau A.1.).

**Tableau A.1.** Coût d'achat des jeunes arbres destinés à être plantés dans chaque système à l'étude

Espèce d'arbre	Prix <sup>1</sup> par unité (\$ US)	Système 1		Système 2	
		Quantité	Prix total (\$ US)	Quantité	Prix total (US \$)
<i>Sapindus saponaria</i>	7,09	5	35,45		
<i>Punica granatum</i>	5,32	9	47,88	16	85,12
<i>Ficus carica</i>	5,32			10	53,20
<i>Mangifera indica</i>	8,86			1	8,86
<i>Schinus molle</i>	2,84	5	14,20	12	34,08
<i>Morus nigra</i>	5,32	6	31,92	8	42,56
<i>Eryobotria japonica</i>	5,32	7	37,24	18	95,76
<i>Persea americana</i>	8,86	5	44,30		
<i>Carya illinoensis</i>	8,86	4	35,44	16	141,76
<i>Caesalpinea spinosa</i>	3,54	4	14,16	12	42,48
	Total	45	260,59	93	503,82

<sup>1</sup>Prix dans la pépinière locale ECORED, Villa El Salvador, transféré en \$ US selon un taux de change de 2,8215

### Frais liés à la fertilisation annuelle des arbres

En ce qui concerne la fertilisation, une préparation du sol avec compost et fumier a été considérée à l'année 0 en vue de la plantation des arbres, suivie d'une fertilisation annuelle avec fumier seulement. Après la plantation, les besoins en fertilisation augmentaient pendant les années 1 à 6, puis se stabilisaient pour le reste de la vie des arbres (Tableau A.2.). Les besoins des arbres en matières fertilisantes ont été ajustés pour chaque espèce en suivant les recommandations trouvées dans la documentation technique.

**Tableau A.2.** Coûts reliés à la fertilisation des arbres, pour les deux systèmes à l'étude et en fonction des besoins de chaque espèce d'arbres.

Espèces	Plantation ( $y = 0$ )		Fertilisation annuelle ( $y = 1-30$ )						Nombre d'arbres par espèce		
	Besoins des arbres (kg) <sup>a</sup>		Besoins annuels des arbres (kg) <sup>a</sup> (fumier)						Système 1	Système 2	
	Compost	Fumier	1	2	3	4	5	6 et +			
<i>Sapindus saponaria</i>	25	12,5	10	10	20	20	25	25		5	
<i>Punica granatum</i>	30	15	10	20	20	20	20	30		9	16
<i>Ficus carica</i>	35	17,5	10	10	20	20	30	35			10
<i>Mangifera indica</i>	50	25	10	20	30	40	50	50			1
<i>Schinus molle</i>	10	5	10	10	10	10	10	10		5	12
<i>Morus nigra</i>	10	5	10	10	10	10	10	10		6	8
<i>Eryobotria japonica</i>	50	25	10	20	30	40	50	50		7	18
<i>Persea americana</i>	40	20	10	20	25	30	35	40		5	
<i>Carya illinoensis</i>	100	50	20	40	60	80	100	100		4	16
<i>Caesalpinea spinosa</i>	20	10	10	10	20	20	20	20		4	12
Prix (\$ US/kg) <sup>b</sup>	0,0851	0,1063	0,1063						0,1063		
<b>Coût total par année</b>											
<b>Système 1 (\$ US)<sup>c</sup></b>	<b>131</b>	<b>82</b>	<b>52</b>	<b>83</b>	<b>111</b>	<b>130</b>	<b>151</b>	<b>163</b>			
<b>Système 2 (\$ US)<sup>c</sup></b>	<b>325</b>	<b>203</b>	<b>116</b>	<b>187</b>	<b>265</b>	<b>319</b>	<b>384</b>	<b>406</b>			

<sup>a</sup> Les besoins des arbres ont été fixés en fonction des recommandations trouvées dans la documentation technique

<sup>b</sup> Compost : \$ US 4,25 (12 soles) / sac de 50 kg ou \$ US 0,0851 (0,24 soles) / kg, sur le marché local de Villa El Salvador en 2010.

Fumier : \$ US 5,32 (15 soles) / sac de 50 kg ou \$ US 0,1063 (0,30 soles) / kg, sur le marché local de Villa El Salvador en 2010.

<sup>c</sup>  $\Sigma$  (besoins des arbres par espèce  $\times$  nombre d'arbres de chaque espèce  $\times$  prix/kg)

### Frais liés à l'irrigation des systèmes arborés

Les frais liés à l'irrigation des systèmes (Tableau A.3.) ont été calculés en se basant sur la régie de l'irrigation des espaces verts utilisée par la municipalité de Villa El Salvador pour l'entretien de ses espaces verts. Une eau domestique traitée était utilisée, au coût de \$ US 0,7177/m<sup>3</sup>, en vigueur en 2010.

Le contexte climatique de Villa El Salvador est caractérisé par un régime bi-saisonnier :

- Une saison sèche de 26 semaines, entre novembre et avril inclusivement, au cours de laquelle on observe une température moyenne de 22°C et un taux d'évaporation de 100% ;  
et

- Une saison des pluies de 26 semaines également, entre mai et octobre inclusivement, caractérisée par une température moyenne de 16°C et un taux d'évaporation de 75%

Au cours de la saison sèche, les arbres sont irrigués trois fois par semaine pour les trois premières années de croissance des arbres, puis une fois par semaine pour le reste de la vie de l'arbre. Pendant la saison des pluies, l'horaire des périodes d'irrigation est fixé à une fois par semaine pour toute la durée de vie de l'arbre.

Les calculs ont été faits en se basant sur la surface racinaire par pied carré ( $\text{pi}^2$ ) et l'âge ( $y$ ) de chaque arbre (Loveys *et al.* 1999, Nugent *et al.* 1999). Pour simplifier les calculs, une valeur moyenne de besoins en eau et de surface racinaire a été utilisée pour tous les arbres. Les besoins en eau augmentaient au cours des 10 premières années suivant la plantation d'arbres, puis se stabilisaient pour le reste de la vie de l'arbre.

**Tableau A.3.** Besoins en eau et coût total annuel pour l'irrigation de chaque système à l'étude.

Année (y)	Surface racinaire ( $\text{pi}^2$ )	Besoins hebdomadaires en eau				Volume annuel/arbre <sup>a</sup> ( $\text{m}^3$ )	Coût annuel/ arbre (\$ US) <sup>b</sup>	Coût annuel total par système (\$ US)	
		Saison sèche (4L/ $\text{pi}^2$ ) L/arbre $\text{m}^3$ /arbre		Saison des pluies (3 L/ $\text{pi}^2$ ) L/arbre $\text{m}^3$ /arbre				1 (45 arbres)	2 (93 arbres)
<i>Plantation/adaptation</i>		<i>3 fois/semaine</i>		<i>1 fois/semaine</i>					
0	7	84,00	0,084	21,00	0,021	2,73	1,96	88	182
1	7	84,00	0,084	21,00	0,021	2,73	1,96	88	182
2	13	156,00	0,156	39,00	0,039	5,07	3,64	164	338
3	20	240,00	0,240	60,00	0,060	7,80	5,60	252	521
<i>Croissance/production</i>		<i>1 fois/semaine</i>		<i>1 fois/semaine</i>					
4	28	112,00	0,112	84,00	0,084	5,10	3,66	165	340
5	38	152,00	0,152	114,00	0,114	6,92	4,96	223	462
6	50	200,00	0,200	150,00	0,150	9,10	6,53	294	607
7	64	256,00	0,256	192,00	0,192	11,65	8,36	376	777
8	79	316,00	0,316	237,00	0,237	14,38	10,32	464	960
9	95	380,00	0,380	285,00	0,285	17,29	12,41	558	1154
10 et +	113	452,00	0,452	339,00	0,339	20,57	14,76	664	1373

<sup>a</sup> Volume annuel/arbre = ( $\text{m}^3$ /arbre pendant la saison sèche  $\times$  26 semaines) + ( $\text{m}^3$ /arbre pendant la saison humide  $\times$  26 semaines)

<sup>b</sup> Coût annuel/arbre = Volume annuel/arbre  $\times$  coût du mètre cube d'eau (\$US 0.7177/ $\text{m}^3$ , tel que payé par la municipalité de Villa El Salvador)

#### Frais liés à la main-d'œuvre

La valeur de la main-d'œuvre était calculée différemment pour la municipalité et le groupe de producteurs (Tableau A.4.).

Pour les producteurs, la main-d'œuvre nécessaire pour assurer les activités de plantation se basait sur la capacité de travail d'un groupe de 10 personnes, en considérant une journée de travail pour la plantation des 45 arbres formant le système 1 et deux jours de travail pour les 93 arbres formant le système 2. En ce qui concerne les activités d'entretien régulier des arbres et des espaces verts

publics, la valeur de la main-d'œuvre était calculée en se basant sur la volonté des participants d'y consacrer entre 1 à 5 heures par semaine, tel qu'énoncé lors des entrevues de groupe. Une moyenne par système a donc été déduite, équivalente à deux heures par semaine par personne pour le système 1 et 4 heures par semaine par personne pour le système 2. Deux scénarios différents étaient évalués :

- TIME-A, qui considérait que les heures investies dans l'entretien des arbres avaient une valeur équivalente à la moyenne des salaires gagnés par les répondants dans le cadre de leurs activités professionnelles régulières, soit 660 soles/mois (\$ US 234) ou 22 soles par jour (\$ US 7,8).
- TIME-B, qui, pour sa part, n'associait aucune valeur au temps investi dans l'entretien des arbres.

Au niveau de la municipalité, les coûts liés à la plantation des arbres étaient évalués en fonction de la même force de travail que pour les producteurs, soit 10 personnes pendant une journée pour le système 1 et deux journées pour le système 2. La valeur de la main-d'œuvre requise pour l'entretien régulier des systèmes arborés était estimée en fonction des ressources humaines généralement investies par la municipalité pour l'entretien des espaces verts de Villa El Salvador : deux nettoyeurs et un jardinier une fois tous les deux mois pour l'entretien régulier, de même que trois jardiniers une fois par année pendant 3 jours pour l'élagage et la fertilisation annuels. Le salaire quotidien des employés était fixé à \$ US 8,7 (24,5 soles/jour).

**Tableau A.4.** Valeur de la main-d'œuvre investie par la municipalité de Villa El Salvador et les producteurs locaux pour l'entretien et la gestion des systèmes arborés nourriciers.

Description des frais	\$ US/unité de temps/personne	Nombre de personnes	\$ US total/unité de temps	Système 1		Système 2	
				Unités de temps annuelles totales	\$ US	Unités de temps annuelles totales	\$ US
<b>Producteurs</b>							
<b>Scenario "TIME A"</b>							
Plantation ( $y = 0$ ) <sup>1</sup>	7,8	10	78	1 jour	78	2 jours	156
Entretien annuel ( $y = 1-30$ )	0,975	10	9,75	104 heures	1014	208 heures	2028
<b>Scenario "TIME B"</b>							
Plantation ( $y = 0$ ) <sup>1</sup>	0,0	10	0	1 jour	0	2 jours	0
Entretien annuel ( $y = 1-30$ )	0,000	10	0,00	104 heures	0	208 heures	0
<b>Municipalité</b>							
Plantation ( $y = 0$ ) <sup>1</sup>	8,68	10	86,8	1 jour	86,8	2 jours	174,0
Entretien annuel ( $y = 1-30$ )							
Jardinier - entretien régulier	8,68	1	8,68	6 jours	52,1	12 jours	104,2
Nettoyeurs	8,68	2	17,36	6 jours	104,2	12 jours	208,4
Jardiniers – fertilisation et élagage annuels	8,68	3	26,04	3 jours	78,1	6 jours	156,3

<sup>1</sup> Pour la plantation des arbres, on considère une journée de travail pour le système 1 et deux journées pour le système 2, pour une main d'œuvre équivalente à un groupe de 10 personnes.

### Coûts totaux

Les coûts étaient ensuite additionnés pour obtenir les coûts totaux pour chaque système arboré, en fonction du scénario à l'étude (Tableau A.5.). Il est à noter qu'aux frais d'achat des arbres, de fertilisation et d'irrigation considérés dans le calcul des coûts d'implantation des systèmes ( $y = 0$ ), il faut ajouter un montant de \$ US 177 pour l'achat d'outils de base pour l'entretien des arbres, à la charge des producteurs. Ce montant a été déterminé par l'ONG *IPES/Promoción del desarrollo sostenible*, collaboratrice au présent projet de recherche, dans le cadre de ses projets de foresterie urbaine.

**Tableau A.5.** Coûts totaux à considérer pour chaque année de production ( $y$ ) du système 1, selon les quatre scénarios développés.

$y$	TIME-A (\$ US)				TIME-B (\$ US)			
0	737	177	737	177	650	177	650	177
1	1066	1066	1014	1014	52	52	0	0
2	1097	1097	1014	1014	83	83	0	0
3	1125	1125	1014	1014	111	111	0	0
4	1143	1143	1014	1014	130	130	0	0
5	1165	1165	1014	1014	151	151	0	0
6	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0
7	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0
8	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0
9	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0
10	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0
11	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0
12	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0
13	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0
14	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0
15	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0
16	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0
17	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0
18	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0
19	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0
20	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0
21	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0
22	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0
23	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0
24	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0
25	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0
26	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0
27	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0
28	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0
29	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0
30	1177	1177	1014	1014	163	163	0	0

## A.2. Exemple de calculs des revenus - *Persea americana*, dans le cas du système 1

Tel que décrit au chapitre 3 du présent mémoire, les calculs de rendement des arbres s'effectuent grâce à la formule suivante :

$$R_{(U)(y)} = F_y(1-L)P$$

Où :  $R_{(U)(y)}$  = Revenus anticipés de la vente du produit (U) sur le marché de Villa El Salvador, pour l'année y

$F_y$  = Rendements prévus pour l'année y, tels que trouvés dans la documentation technique

$L$  = Facteur de perte fixé à 30%

$P$  = Prix du produit par kilogramme, tel qu'observé au marché local de Villa El Salvador en 2010.

Le tableau A.6. décrit chaque variable sur un horizon de 30 ans et présente les valeurs de  $R_{(U)(y)}$

**Tableau A.6.** Calcul des revenus anticipés pour le *Persea americana* (avocat) en fonction des rendements annuels potentiels et du prix par kilo sur le marché de Villa El Salvador, en 2010.

Année <i>i</i>	$F_i$ (kg)	$P$ (s./kg)	$L$ (1-30%)	$R_{(U)(y)}$	
				Soles	\$ US <sup>1</sup>
1					
2					
3	10	2	0,7	14,00	4,96
4	10	2	0,7	14,00	4,96
5	10	2	0,7	14,00	4,96
6	30	2	0,7	42,00	14,89
7	30	2	0,7	42,00	14,89
8	50	2	0,7	70,00	24,81
9	50	2	0,7	70,00	24,81
10	65	2	0,7	91,00	32,25
11	65	2	0,7	91,00	32,25
12	85	2	0,7	119,00	42,18
13	85	2	0,7	119,00	42,18
14	95	2	0,7	133,00	47,14
15	100	2	0,7	140,00	49,62
16	100	2	0,7	140,00	49,62
17	100	2	0,7	140,00	49,62
18	100	2	0,7	140,00	49,62
19	100	2	0,7	140,00	49,62
20	150	2	0,7	210,00	74,43
21	150	2	0,7	210,00	74,43
22	150	2	0,7	210,00	74,43
23	150	2	0,7	210,00	74,43
24	150	2	0,7	210,00	74,43
25	150	2	0,7	210,00	74,43
26	100	2	0,7	140,00	49,62
27	100	2	0,7	140,00	49,62
28	100	2	0,7	140,00	49,62
29	100	2	0,7	140,00	49,62
30	100	2	0,7	140,00	49,62

<sup>1</sup>Taux de change : 2,8215

La valeur annuelle était ensuite multipliée par le nombre d'arbres prévu pour chaque espèce considérée dans le système à l'étude, soit le système 1 dans ce cas-ci, selon la formule suivante :

$$R_{(tot)(y)} = \sum \left( [R_{(U)(y)} \times N_{tree_1}] , [R_{(U)(y)} \times N_{tree_2}] , \dots , [R_{(U)(y)} \times N_{tree_n}] \right)$$

Où :  $R_{(tot)(y)}$  = Revenus totaux anticipés pour l'ensemble du système arboré étudié, pour l'année  $y$

$R_{(U)(y)}$  = Revenus anticipés de la vente du produit (U) sur le marché de Villa El Salvador, pour l'année  $y$

$N_{tree}$  = Nombre d'arbres prévu pour chaque espèce dans le système arboré à l'étude

Le tableau A.7. offre un exemple de calcul pour l'année de production 18 pour les deux systèmes à l'étude. Les revenus prévus à l'année 18 pour chaque espèce d'arbre sont multipliés par le nombre d'arbres considéré dans chaque système.

**Tableau A.7.** Calcul des revenus anticipés à la 18<sup>e</sup> année de production et pour les deux systèmes étudiés.

Espèces	Nom local <sup>1</sup>	R <sub>(U)(18)</sub> (\$ US)	Système 1		Système 2	
			N <sub>tree</sub>	R <sub>espèce</sub> <sup>2</sup>	N <sub>tree</sub>	R <sub>espèce</sub>
<i>Sapindus saponaria</i>	Boliche	49,62	5	248,10		
<i>Punica granatum</i>	Granado	24,81	9	223,29	16	396,96
<i>Ficus carica</i>	Higo	74,43			10	744,30
<i>Mangifera indica</i>	Mango	158,78			1	158,78
<i>Schinus molle</i>	Molle Serrano	29,77	5	148,85	12	357,24
<i>Morus nigra</i>	Mora	7,44	6	44,64	8	59,52
<i>Eryobotria japonica</i>	Nispero	49,62	7	347,34	18	893,16
<i>Persea americana</i>	Palta	49,62	5	248,10		
<i>Carya illinoensis</i>	Pecano	29,77	4	119,08	16	476,32
<i>Caesalpine spinosa</i>	Tara	19,85	4	79,40	12	238,20
<b>Total</b>			<b>45</b>	<b>1 458,80</b>	<b>93</b>	<b>3 324,48</b>

<sup>1</sup>En espagnol, <sup>2</sup>Revenu total anticipé pour chaque espèce ( $R_{(U)(y)} \times N_{tree}$ )

Les résultats totaux pour chaque année de production et pour les deux systèmes étudiés sont présentés au tableau A.8.

**Tableau A.8.** Revenus annuels totaux anticipés pour chaque système étudié, pour  $y = 0 - 30$ .

$y$	$R_{(tot)(y)}$	
	Système 1	Système 2
0	0,00	0,00
1	0,00	0,00
2	0,00	2,48
3	64,50	131,49
4	274,89	521,50
5	406,88	771,58
6	518,52	903,07
7	580,54	1161,08
8	664,89	1267,77
9	682,26	1438,95
10	994,86	2074,07
11	994,86	2205,56
12	1148,68	2493,35
13	1148,68	2689,35
14	1225,59	2823,32
15	1440,94	3300,66
16	1458,80	3324,47
17	1458,80	3324,47
18	1458,80	3324,47
19	1481,13	3344,32
20	1818,54	3909,98
21	1818,54	3909,98
22	1840,86	3939,75
23	1840,86	3939,75
24	1840,86	3939,75
25	2009,57	4376,40
26	1885,52	4376,40
27	1885,52	4346,62
28	1885,52	4346,62
29	1885,52	4346,62
30	1885,52	4346,62

### A.3. Résultats des analyses financières

L'analyse financière a mené à la production d'une grande quantité de données qui n'ont évidemment pas pu être présentées dans le troisième chapitre de ce mémoire. L'information est donc complétée ici en présentant un exemple de tableau de résultats pour chaque calcul financier réalisé, de même

que les bases de données ayant servi à créer les figures présentées dans la section *Résultats* du chapitre 3 du mémoire.

*Résultats obtenus du point de vue des producteurs*

Du point de vue des producteurs, les résultats et l'analyse se basent sur les calculs de trois indicateurs financiers : la valeur nette actualisée, le ratio bénéfices-coûts et le flux monétaire annuel équivalent. Le tableau A.9. présente les résultats complets du calcul de la valeur nette actualisée pour le système 1 et tous les scénarios étudiés.

**Tableau A.9.** Valeur nette actualisée pour le système 1 et les quatre scénarios de distribution des coûts étudiés à un taux d'actualisation de 3 %, en tenant compte de la valeur de la main-d'œuvre.

y	TIME-A (\$ US)				TIME-B (\$ US)			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
0	-737	-177	-737	-177	-650	-177	-650	-177
1	-1772	-1212	-1721	-1161	-701	-228	-650	-177
2	-2805	-2246	-2676	-2117	-779	-306	-650	-177
3	-3775	-3216	-3545	-2985	-821	-349	-591	-118
4	-4547	-3987	-4201	-3642	-692	-220	-347	<b>126</b>
5	-5201	-4641	-4725	-4165	-472	<b>1</b>	<b>4</b>	477
6	-5752	-5192	-5139	-4580	-174	299	439	911
7	-6237	-5677	-5492	-4932	<b>165</b>	638	911	1383
8	-6641	-6081	-5767	-5207	561	1034	1435	1908
9	-7020	-6461	-6021	-5461	959	1432	1958	2431
10	-7156	-6596	-6035	-5475	1578	2051	2699	3171
11	-7287	-6727	-6048	-5489	2179	2651	3417	3890
12	-7307	-6747	-5954	-5394	2870	3343	4223	4696
13	-7326	-6766	-5862	-5302	3541	4014	5005	5478
14	-7294	-6734	-5722	-5162	4243	4716	5815	6288
15	-7124	-6565	-5447	-4888	5063	5536	6740	7213
16	-6949	-6389	-5170	-4610	5871	6344	7649	8122
17	-6778	-6218	-4901	-4341	6655	7127	8532	9005
18	-6612	-6053	-4639	-4080	7416	7888	9389	9862
19	-6439	-5879	-4373	-3813	8167	8640	10234	10706
20	-6084	-5524	-3927	-3367	9084	9557	11240	11713
21	-5739	-5179	-3494	-2935	9974	10446	12218	12691
22	-5392	-4832	-3063	-2503	10849	11322	13179	13651
23	-5056	-4496	-2643	-2084	11699	12172	14111	14584
24	-4729	-4169	-2236	-1677	12524	12997	15017	15490
25	-4331	-3772	-1761	-1201	13406	13879	15977	16450
26	-4003	-3443	-1356	-797	14205	14678	16851	17324
27	-3684	-3124	-964	-404	14980	15453	17700	18173
28	-3374	-2814	-583	-23	15733	16206	18524	18997
29	-3073	-2514	-213	<b>347</b>	16464	16937	19324	19797
30	-2781	-2222	<b>146</b>	706	17174	17646	20101	20574

Le tableau A.10. présente les résultats complets du calcul de la valeur nette actualisée pour le système 2 et tous les scénarios étudiés.

**Tableau A.10.** Valeur nette actualisée pour le système 2 et les quatre scénarios de distribution des coûts étudiés à un taux d'actualisation de 3 %, en tenant compte de la valeur de la main-d'œuvre.

y	TIME-A				TIME-B			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
0	-1383	-177	-1383	-177	-1209	-177	-1209	-177
1	-3464	-2259	-3351	-2146	-1321	-290	-1209	-177
2	-5550	-4344	-5261	-4055	-1495	-464	-1207	-175
3	-7527	-6322	-6996	-5791	-1617	-586	-1086	-55
4	-9149	-7944	-8335	-7129	-1437	-406	-623	<b>409</b>
5	-10564	-9359	-9419	-8213	-1103	-71	<b>43</b>	1074
6	-11847	-10641	-10361	-9155	-687	<b>345</b>	799	1831
7	-12882	-11676	-11066	-9860	-73	959	1743	2775
8	-13802	-12597	-11666	-10460	<b>607</b>	1639	2744	3776
9	-14565	-13360	-12117	-10912	1399	2430	3847	4878
10	-14833	-13628	-12083	-10878	2640	3671	5390	6422
11	-14998	-13793	-11955	-10749	3940	4971	6983	8015
12	-14957	-13751	-11628	-10423	5404	6435	8732	9764
13	-14783	-13578	-11178	-9973	6958	7990	10563	11595
14	-14526	-13320	-10652	-9447	8556	9588	12430	13462
15	-13970	-12764	-9835	-8630	10414	11446	14549	15580
16	-13415	-12209	-9027	-7822	12233	13264	16620	17652
17	-12876	-11671	-8243	-7038	13998	15030	18632	19663
18	-12353	-11148	-7481	-6276	15713	16744	20584	21616
19	-11834	-10629	-6731	-5525	17388	18420	22492	23523
20	-11017	-9812	-5689	-4483	19328	20360	24657	25688
21	-10224	-9018	-4677	-3472	21212	22243	26758	27790
22	-9438	-8233	-3679	-2474	23056	24087	28814	29846
23	-8675	-7470	-2711	-1505	24846	25878	30811	31842
24	-7934	-6729	-1770	-565	26585	27616	32749	33780
25	-7007	-5801	-649	<b>557</b>	28481	29512	34839	35871
26	-6106	-4901	<b>440</b>	1646	30322	31353	36868	37900
27	-5245	-4040	1484	2690	32096	33127	38825	39857
28	-4409	-3204	2498	3703	33818	34850	40725	41757
29	-3598	-2392	3482	4687	35490	36522	42569	43601
30	-2810	-1605	4437	5642	37113	38145	44360	45392

Le tableau A.11. présente les résultats complets d'un autre indicateur financier, le ratio bénéfices-coûts, pour les deux systèmes à l'étude et tous les scénarios de distribution des coûts, considérant TIME-B.

**Tableau A.11.** Ratio bénéfices-coûts pour les deux systèmes de production et les quatre scénarios de distribution des coûts étudiés, pour un taux d'actualisation de 3 % et considérant TIME-B.

Y	Système 1				Système 2			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
3	0,07	0,14	0,09	0,33	0,07	0,17	0,10	0,69
4	0,30	0,58	0,47	1,71	0,29	0,59	0,48	3,31
5	0,58	1,00	1,01	3,69	0,53	0,95	1,04	7,06
6	0,86	1,38	1,67	6,14	0,75	1,21	1,66	11,33
7	1,12	1,69	2,40	8,81	0,98	1,48	2,44	16,66
8	1,37	1,98	3,21	11,77	1,18	1,71	3,27	22,31
9	1,58	2,22	4,01	14,72	1,38	1,93	4,18	28,53
10	1,89	2,58	5,15	18,90	1,67	2,25	5,46	37,24
11	2,15	2,87	6,26	22,95	1,93	2,54	6,78	46,23
12	2,43	3,18	7,50	27,50	2,19	2,84	8,22	56,10
13	2,67	3,45	8,70	31,91	2,45	3,11	9,74	66,43
14	2,91	3,70	9,95	36,48	2,68	3,37	11,28	76,96
15	3,18	3,99	11,37	41,70	2,95	3,65	13,03	88,92
16	3,42	4,24	12,77	46,83	3,19	3,91	14,75	100,61
17	3,63	4,47	14,13	51,81	3,40	4,12	16,41	111,96
18	3,83	4,67	15,44	56,65	3,58	4,32	18,03	122,98
19	4,01	4,85	16,74	61,42	3,75	4,49	19,61	133,74
20	4,24	5,09	18,29	67,10	3,96	4,70	21,40	145,96
21	4,45	5,31	19,80	72,61	4,14	4,89	23,14	157,82
22	4,64	5,52	21,28	78,04	4,31	5,06	24,84	169,42
23	4,82	5,70	22,71	83,30	4,46	5,21	26,49	180,69
24	4,99	5,87	24,10	88,41	4,61	5,35	28,09	191,62
25	5,16	6,05	25,58	93,82	4,76	5,52	29,82	203,42
26	5,31	6,20	26,93	98,76	4,91	5,66	31,50	214,87
27	5,45	6,33	28,23	103,55	5,04	5,80	33,12	225,91
28	5,57	6,46	29,50	108,20	5,17	5,92	34,69	236,63
29	5,69	6,58	30,73	112,71	5,28	6,03	36,21	247,04
30	5,80	6,68	31,93	117,10	5,39	6,14	37,70	257,15

Le tableau A.12. présente les résultats complets des calculs de flux monétaire annuel équivalent pour les deux systèmes à l'étude et tous les scénarios de distribution des coûts, considérant TIME-B.

**Tableau A.12.** Flux monétaire annuel équivalent pour les deux systèmes de production et les quatre scénarios de distribution des coûts étudiés, pour un taux d'actualisation de 3 % et considérant TIME-B.

y	Système 1				Système 2			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
0								
1	-722	-235	-669	-183	-1361	-298	-1245	-183
2	-407	-160	-340	-93	-782	-242	-631	-91
3	-290	-123	-209	-42	-572	-207	-384	-19
4	-186	-59	-93	34	-387	-109	-168	110
5	-103	0	1	104	-241	-16	9	235
6	-32	55	81	168	-127	64	147	338
7	27	102	146	222	-12	154	280	445
8	80	147	204	272	86	233	391	538
9	123	184	252	312	180	312	494	627
10	185	240	316	372	309	430	632	753
11	235	287	369	420	426	537	755	866
12	288	336	424	472	543	646	877	981
13	333	377	471	515	654	751	993	1090
14	376	417	515	557	757	849	1100	1192
15	424	464	565	604	872	959	1219	1305
16	467	505	609	647	974	1056	1323	1405
17	505	541	648	684	1063	1142	1415	1493
18	539	574	683	717	1142	1217	1497	1572
19	570	603	714	747	1214	1286	1570	1642
20	611	642	756	787	1299	1369	1657	1727
21	647	678	793	823	1376	1443	1736	1803
22	681	710	827	857	1447	1511	1808	1873
23	711	740	858	887	1511	1574	1874	1936
24	740	767	887	915	1570	1631	1934	1995
25	770	797	918	945	1636	1695	2001	2060
26	795	821	943	969	1696	1754	2062	2120
27	817	843	966	992	1751	1808	2118	2175
28	838	864	987	1012	1802	1857	2170	2225
29	858	883	1007	1032	1850	1903	2218	2272
30	876	900	1026	1050	1894	1946	2263	2316

### *Résultats obtenus du point de vue de la municipalité*

Du point de vue de la municipalité, les bénéfices étaient équivalents aux économies en salaires et en intrants réalisées grâce à l'implication d'un groupe de producteurs locaux aux activités d'entretien des arbres. Le tableau A.13. offre l'exemple du système 1, scénario I, et présente les valeurs des coûts et bénéfices pour la municipalité, non actualisés. Les variables présentées sont les suivantes :

- Coûts totaux ( $C_{tot}$ ) : Représentent l'ensemble des frais engendrés par l'entretien des arbres nourriciers que la municipalité aurait à couvrir si les producteurs n'étaient pas impliqués : achat des jeunes arbres, fertilisation, irrigation et main-d'œuvre ;
- Économies en intrants ( $X_{intrants}$ ) : Correspondent à l'ensemble des frais engendrés par l'achat des intrants (donc sans considérer la main-d'œuvre) qui sont transférés aux producteurs ;
- Économies en main-d'œuvre ( $X_{main\ d'oeuvre}$ ) : Correspondent à la valeur de la main-d'œuvre économisée grâce à l'implication des producteurs dans la gestion des systèmes arborés. La valeur est calculée en se basant sur les salaires en vigueur à Villa El Salvador, tels que décrits par le tableau A4 du présent document ;
- Économies totales ( $X_{tot}$ ) : Somme des économies en intrants et des économies en main-d'œuvre.

**Tableau A.13.** Valeurs non actualisées des coûts totaux et des économies réalisées par la municipalité, pour le système 1 et le scénario I de distribution des coûts étudiés.

y	Valeurs nettes				Pourcentage (%) des coûts totaux	
	C <sub>tot</sub>	X <sub>intrants</sub>	X <sub>main d'oeuvre</sub>	X <sub>tot</sub>	X <sub>main d'oeuvre</sub>	X <sub>tot</sub>
0	648	473	86	559	13%	86%
1	375	52	234,4	286	63%	76%
2	481	83	234,4	317	49%	66%
3	597	111	234,4	346	39%	58%
4	529	130	234,4	364	44%	69%
5	609	151	234,4	385	39%	63%
6	692	163	234,4	398	34%	57%
7	774	163	234,4	398	30%	51%
8	862	163	234,4	398	27%	46%
9	956	163	234,4	398	25%	42%
10	1062	163	234,4	398	22%	37%
11	1062	163	234,4	398	22%	37%
12	1062	163	234,4	398	22%	37%
13	1062	163	234,4	398	22%	37%
14	1062	163	234,4	398	22%	37%
15	1062	163	234,4	398	22%	37%
16	1062	163	234,4	398	22%	37%
17	1062	163	234,4	398	22%	37%
18	1062	163	234,4	398	22%	37%
19	1062	163	234,4	398	22%	37%
20	1062	163	234,4	398	22%	37%
21	1062	163	234,4	398	22%	37%
22	1062	163	234,4	398	22%	37%
23	1062	163	234,4	398	22%	37%
24	1062	163	234,4	398	22%	37%
25	1062	163	234,4	398	22%	37%
26	1062	163	234,4	398	22%	37%
27	1062	163	234,4	398	22%	37%
28	1062	163	234,4	398	22%	37%
29	1062	163	234,4	398	22%	37%
30	1062	163	234,4	398	22%	37%

Le tableau A.14. présente quant à lui les valeurs actualisées à un taux de 3 % des économies totales réalisées par la municipalité, comparées aux frais engendrés par l'embauche d'un ingénieur forestier,

également actualisés à un taux de 3 %. Les résultats couvrent les meilleurs (BC) et les pires (WC) scénarios étudiés, pour les deux systèmes.

**Tableau A.14.** Économies totales ( $X_{tot}$ ) réalisées par la municipalité et frais d'embauche d'un ingénieur forestier, actualisés à 3 %, pour les meilleurs (BC) et les pires (WC) scénarios étudiés, pour les deux systèmes

y	Système 1		Système 2		Ingénieur forestier
	BC	WC	BC	WC	
0	559	0	1206	0,00	372
1	278	228	568	455,34	361
2	299	221	618	442,08	351
3	316	215	671	429,20	340
4	324	208	700	416,70	331
5	332	202	736	404,56	321
6	333	196	733	392,78	312
7	323	191	712	381,34	302
8	314	185	691	370,23	294
9	305	180	671	359,45	285
10	296	174	651	348,98	277
11	287	169	632	338,82	269
12	279	164	614	328,95	261
13	271	160	596	319,37	253
14	263	155	579	310,06	246
15	255	150	562	301,03	239
16	248	146	545	292,27	232
17	241	142	529	283,75	225
18	234	138	514	275,49	219
19	227	134	499	267,46	212
20	220	130	485	259,67	206
21	214	126	470	252,11	200
22	208	122	457	244,77	194
23	201	119	443	237,64	188
24	196	115	431	230,72	183
25	190	112	418	224,00	178
26	184	109	406	217,47	172
27	179	106	394	211,14	167
28	174	102	383	204,99	163
29	169	99	371	199,02	158
30	164	97	361	193,22	153