



HAL
open science

**Complémentarité des données de télédétection pour
l'analyse des transformations de l'occupation du sol dans
des zones humides urbaines. Application aux
hortillonnages d'Amiens et aux chinampas de Mexico.**

Céline Clauzel

► **To cite this version:**

Céline Clauzel. Complémentarité des données de télédétection pour l'analyse des transformations de l'occupation du sol dans des zones humides urbaines. Application aux hortillonnages d'Amiens et aux chinampas de Mexico.. Photo-Interprétation. European Journal of Applied Remote Sensing (PIEJARS), 2008, 1, 22p. hal-00361389v1

HAL Id: hal-00361389

<https://hal.science/hal-00361389v1>

Submitted on 14 Feb 2009 (v1), last revised 6 May 2009 (v2)

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

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

Titre : Complémentarité des données de télédétection pour l'analyse des transformations de l'occupation du sol dans des zones humides urbaines. Application aux hortillonnages d'Amiens et aux chinampas de Mexico.

Title : Complementarity of remote sensing data for the analysis of changes in land use in urban wetland. Application to the hortillonnages (Amiens) and the chinampas (Mexico City).

Título: La complementariedad de los datos de teledetección para el análisis de los cambios en el uso de la tierra en el pantano urbano. Aplicación a los hortillonnages (Amiens) y las chinampas (Ciudad de México).

Auteur : CLAUZEL Céline

Université Paris-Sorbonne (Paris IV) - Laboratoire UMR 8185 Espaces, Nature et Culture

Docteur en géographie et aménagement et ATER (temps complet) en géographie à l'Université Paris-Sorbonne (Paris IV)

Adresse : 45 rue Lacroix 75017 Paris

Mail : celineclauzel@yahoo.fr

Titre courant : Transformations spatio-temporelles des zones humides urbaines

Mot-clé : Zone humide urbaine ; analyse diachronique régressive ; occupation du sol ; cartographie ; télédétection

Title: Spatiotemporal transformations of the urban wetlands

Keywords: Urban wetland; diachronic regressive analysis; land use; mapping; remote sensing

Résumé court :

Dans le cadre d'un programme ECOS-Nord, notre étude analyse les transformations récentes de l'occupation du sol sur deux zones humides urbaines : les hortillonnages d'Amiens et les chinampas de Mexico. Malgré des contextes différents, ces deux espaces sont les supports d'usages et de dynamiques très similaires : des techniques identiques d'agriculture sur l'eau et un déclin de l'activité agricole au XX^e siècle au profit de celle des loisirs. L'objectif est double : identifier et quantifier les changements sur chacun des sites, puis les confronter de façon à mettre en évidence les points communs et les spécificités locales, tant dans la nature des changements, que dans leur vitesse. Pour que les résultats soient comparables, il est indispensable de définir au préalable une méthodologie d'analyse adaptable et réitérable. Or, les échelles spatiales des deux sites sont disproportionnées. L'identification de leurs dynamiques repose donc l'exploitation conjointe et complémentaire de différentes sources de données. Cette démarche, qui associe photographies aériennes à haute résolution, images satellites Landsat et données stationnelles, permet d'appréhender l'ensemble des transformations et d'aboutir à une compréhension, à la fois fine et globale, de l'espace et de ses dynamiques.

Résumé étendu :

As part of a program ECOS North, our study examines the recent changes to land use on two urban wetlands: the hortillonnages of Amiens and chinampas of Mexico City (Plate 1). Despite different contexts, these two areas are very similar dynamics: decline of agriculture and development of recreation.

The objective is double: identify and quantify changes on the sites and compare them to highlight the similarities and local specificities. In order that results are compared, it is

necessary to define a methodology for adapted analysis (Plate 2). But, the spatial scales of the two sites are disproportionate. Therefore, the analysis of dynamics is based on different data:

- Field investigations:

Field investigation is a requisite step for an initial approach of the problems and issues on the area concerned. It also meets in all the proceedings methodological analysis of the images to determine the classification of land use, evaluate and verify the results. Interviews and analysis of historical and statistical data allow to replace changes in their contexts and to understand the issues.

- Aerial photographs

The photographs were acquired from Amiens Metropole for hortillonnages (1947-1975-2006) and Unesco and CORENA for chinampas (1974, 1994, 2004). The regressive diachronic analysis is useful to reconstruct the previous land use. The analysis on the hortillonnages shows a significant decline of agriculture (-72 %) and a considerable increase of in leisure activities (Plate 3) : pleasure gardens (95 hectares in 2006 to 15 hectares in 1947) and vegetable gardens (18 hectares to 10 hectares in 1947). The diachronic analysis also shows the significant progress of urbanization. This is of two types: dense urbanization (class “bati”) restricted to the peripheries and intended for permanent habitation (+ 76 %) and diffuse urbanization (class “agrement/habitat”) on pleasure gardens (+ 140 %) used as residential pavilion for the holidays or the weekend.

Tested on the hortillonnages, photo-interpretation is pertinent for mapping land use. It shows, however, its limitations when it is transposed on a larger geographic area. With a 4 000 hectare, the analysis is very complicated on the chinampas. In addition, aerial photographs fail to capture the peripheral environment of these areas, especially the urban pressure. The methodology has been completed by satellite images for to highlight changes global space.

- Satellite images

The analysis of chinampas is based on two scenes Landsat 5 TM (March 1989) and Landsat 7 ETM + (March 2000), covering all the basin of Mexico City. The satellite images are very useful for detecting the urban pressure around the areas of study. With their spectral behavior, the constructions and the agricultural greenhouses are easily identifiable on the pictures. The diachronic analysis reveals an increase of surfaces built around the chinampas (6 660 ha in 1989 against 7 436 ha in 2000, + 11 %) and an infiltration of buildings within the site.

The comparative analysis of situations in 1989 and 2000 (Plate 4) shows a multiplication of building in chinampas (281 hectares in 1989 against 812 hectares in 2000, + 189 %). Fields investigations and statistical data reveal two types of buildings: agricultural greenhouses in the area of San Luis Tlaxialtemalco linked to extension of flower-growing and illegal constructions on the whole site.

This complementarity of tools allows a full understanding of land use on the urban wetland. These spaces, regarded as heritage assets, are faced with many pressures (pollution, urbanization, etc.). Their management and their dynamic futures are at the heart of the concerns of managers. This approach, based on a diachronic analysis of data-picture, could so, as part of a partnership with institutions, act as support in the monitoring of these transformations and thus to develop future scenarios of evolution.

Texte principal :

INTRODUCTION

Les zones humides urbaines sont des hydrosystèmes originaux situés à proximité d'un centre urbain. Cette localisation particulière a contribué à l'apparition de dynamiques spécifiques. À l'origine exclusivement voués à l'agriculture, ces espaces sont confrontés à une diversification des usages (tourisme, agrément, villégiature, etc.) depuis la fin du XX^e siècle.

Notre recherche, intégrée au programme ECOS-Nord France-Mexique, s'inscrit dans une démarche visant à comparer les mutations récentes de deux zones humides urbaines (Planche 1) : les hortillonnages d'Amiens (France) et les chinampas de Xochimilco (Mexique). Ces deux terrains d'étude semblent, au premier abord, très éloignés l'un de l'autre : Amiens est une préfecture de 136 000 habitants alors que Xochimilco (400 000 habitants) est aujourd'hui intégrée à la banlieue sud de Mexico qui rassemble 18 millions d'habitants (Rufat, 2006). Leur situation géographique est, elle aussi, très contrastée : une plaine picarde au climat océanique d'un côté et un bassin endoréique au climat tropical tempéré par l'altitude (2 250 m) et entouré de hautes montagnes (5 000 m) de l'autre. Pourtant, malgré ces divergences, l'organisation des deux sites témoigne de relations étroites et similaires entre la ville, le monde rural et l'eau (Musset, 2003). De part et d'autre de l'océan Atlantique, les hommes développèrent des techniques originales d'agriculture pour s'adapter à la présence permanente de l'eau. S'affranchissant des contraintes, ils remodelèrent le paysage en creusant un réseau complexe de canaux et en rehaussant les parcelles de terre.

La proximité du marché urbain, qui offrait un large débouché pour les productions, contribua à maintenir une fonction agricole jusqu'au XX^e siècle (Musset, 2003). Avec le développement des transports, cet avantage ne fut pourtant plus suffisant et les terrains, laissés à l'abandon, furent voués à l'urbanisation. Ce bouleversement a conduit à une réduction importante de la

superficie des sites et à leur insertion progressive au cœur d'un tissu urbain dense. Ils auraient pu complètement disparaître si d'autres activités n'avaient pas pris le relais. À partir des années 1970, jardin ouvrier, agrément puis villégiature se développent sur les anciennes terres maraîchères des hortillonnages (Fleury, 1998). À Xochimilco, des infrastructures récréatives et sportives sont aménagées pour les loisirs des citoyens (Rojas Rabiela, 1995). Ce changement de fonction se traduit sur les terrains par une transformation profonde des modes d'occupation du sol.

L'objectif de l'étude est donc double : identifier et quantifier ces évolutions sur chacun des sites, puis les confronter de façon à mettre en évidence les points communs et les spécificités locales, tant dans la nature des changements, que dans leur vitesse.

1. METHODOLOGIE : CHOIX D'UNE ANALYSE REGRESSIVE

Appréhender les dynamiques spatio-temporelles d'un espace impose de travailler sur plusieurs dates. Mais l'interprétation des images anciennes et la reconstitution de l'occupation passée du sol pose un problème majeur de légitimité et d'objectivité scientifique, que seule une analyse régressive peut résoudre. Celle-ci fixe le point de départ sur le temps présent pour réaliser un bilan de l'occupation actuelle du sol (Planche 2). Il est ainsi possible de vérifier sur le terrain la signification des composantes de l'image (caractéristiques visuelles sur les photographies aériennes et/ou valeur radiométrique sur les images satellites). Une fois leur signification réelle confirmée, la relation bi-univoque entre ces composantes et le terrain est généralisée à l'ensemble de la surface étudiée puis transposée sur les documents plus anciens (Hotyat et Galochet, 2005). Les occupations passées du sol sont ainsi objectivement reconstituées : chaque fois que l'on retrouve la même association de caractéristiques visuelles, il y a une forte probabilité qu'elle renvoie à une même occupation du sol. La comparaison des

cartographies statiques à différentes dates aboutit à des cartes dynamiques (les cartes de chronoséquence) qui mettent en évidence les principaux transferts entre les occupations du sol.

2. COMPLEMENTARITES DES DONNEES

Pour que les résultats soient comparables, il est indispensable de définir au préalable une méthodologie d'analyse commune aux deux sites. Or, leurs échelles spatiales sont très inégales : à peine 300 hectares pour les hortillonnages contre plus de 4 000 hectares pour les chinampas. L'identification des dynamiques nécessite donc des outils et des données adaptés à chacun des sites et choisis en fonction des thématiques étudiées.

2.1. Données stationnelles

Le travail de terrain est une étape incontournable en amont pour avoir une première approche des problématiques et des enjeux sur l'espace concerné. Il se retrouve également dans toutes les étapes de la procédure méthodologique d'exploitation des images pour déterminer la nomenclature de l'occupation du sol ainsi que pour évaluer et vérifier les résultats. En outre, il permet, à travers les entretiens et l'analyse des données historiques et statistiques, de replacer les transformations dans leur contexte et d'améliorer ainsi leur compréhension.

2.2. Photographies aériennes : une analyse fine des changements spatiaux

Les photographies aériennes sont acquises auprès d'Amiens Métropole pour les hortillonnages et auprès de l'Unesco et la CORENA¹ pour les chinampas. Les dates sont sélectionnées en fonction de la résolution spatiale (entre 2 m et 0.20 m pour les plus précises), de la zone de couverture (certaines ne couvrent pas la totalité des chinampas) et du pas de

¹ Commission des ressources naturelles du District Fédéral

temps entre deux images (1947-1975-2006 pour Amiens et 1974-1994-2004 pour Xochimilco).

Leur exploitation est réalisée avec un logiciel de Système d'Information Géographique (*Arc Gis 8.2*) qui permet de géoréférencer les photographies aériennes à partir des coordonnées géographiques d'une carte topographique scannée. Cette étape est indispensable pour évaluer quantitativement les surfaces occupées par chaque type d'occupation du sol et pour superposer les images de façon à mettre en évidence les transformations. L'analyse s'appuie sur l'identification de caractéristiques visuelles (couleur, texture, structure, densité et hauteur) dont les différentes combinaisons déterminent les types d'occupation du sol (Tableau 1).

Testée sur les hortillonnages, la photo-interprétation s'avère pertinente pour cartographier l'occupation du sol (Planche 3). Mais transposée à une échelle plus vaste (4 000 ha pour les chinampas), la haute résolution des images complexifie l'analyse. En outre, ces dernières étant centrées uniquement sur les chinampas, elles ne rendent pas compte de leur environnement périphérique, notamment de la pression urbaine. La méthodologie a donc été adaptée avec l'utilisation complémentaire des images satellites capables, elles seules, de rendre compte des changements spatiaux globaux (Gramond, 2005).

2.3. Images satellites : une vision globale des transformations spatiales

L'analyse des chinampas s'appuie sur deux scènes Landsat 5 TM (mars 1989) et Landsat 7 ETM+ (mars 2000) recouvrant tout le bassin de Mexico et exploitées avec le logiciel *Idrisi Kilimandjaro 14.1*. La première étape consiste à appliquer des corrections radiométriques et géométriques afin de rendre les images comparables. Un recadrage sur la zone étudiée est ensuite réalisé.

Comme pour les photographies aériennes, la procédure méthodologique est fondée sur l'analyse régressive des données (Planche 2). Les enquêtes de terrain menées au préalable

déterminent les classes thématiques de l'occupation du sol (Tableau 2). L'image la plus récente (Landsat ETM+ 2000) fait d'abord l'objet d'une classification supervisée par maximum de vraisemblance à partir de polygones d'entraînement. La qualité des résultats est évaluée grâce à la matrice de confusion qui compare, pour l'ensemble des pixels-test, leur affectation avant (origine) et après (destination) la classification. Cette procédure permet ainsi de réajuster les polygones ou de modifier la nomenclature en cas de confusion importante. Après vérification et validation des correspondances (affectation des pixels/données terrain), l'image antérieure (Landsat TM 1989) est, à son tour, traitée au moyen d'une classification non supervisée (méthode des moyennes mobiles). L'analyse des caractéristiques (localisation, structure, texture, forme, etc.) et du comportement spectral de chaque classe permet d'identifier sa nature et donc son appartenance à une des classes thématiques précédemment définies. Afin de les rendre comparables, les nomenclatures sont harmonisées sur chaque carte. Leur confrontation aboutit à la mise en évidence des transformations spatiales autour des chinampas (Planche 4, n° 1 et 2).

3. RESULTATS : DES FONCTIONS ET DES USAGES TRANSFORMÉS

3.1. Une diversification des activités

L'analyse diachronique des hortillonnages souligne des évolutions contrastées selon les occupations du sol (Planche 3). D'une situation dominante en 1947 (51 % de la superficie du site), le maraîchage n'occupe en 2006 plus que 13 %, soit 33 hectares. Sa disparition (-72 %) est généralisée à l'ensemble du site, seules les parcelles de grande superficie (4 à 5 hectares) et accessibles par les routes parviennent à se maintenir. Face à ce déclin, d'autres activités se sont développées, notamment les jardins d'agrément dont la superficie a été multipliée par six en 60 ans (95 ha en 2006 contre 15 ha en 1947) et, dans une moindre mesure, les jardins potagers (18 ha contre 10 ha en 1947, soit + 80 %). Localisés à proximité des franges bâties,

ces derniers correspondent souvent aux jardins en arrière-cour des habitations sur rue. L'analyse diachronique montre également la progression importante de l'urbanisation : un bâti dense (classe « bâti ») limité aux périphéries du site et destiné à l'habitation permanente (+ 76 %) et un bâti diffus (classe « agrément/habitat ») sur les parcelles d'agrément (+ 140 %) destiné à la villégiature.

Si tous les résultats cartographiques et statistiques ne peuvent être exposés ici, il est néanmoins important de signaler les principales dynamiques des chinampas. Comme pour les hortillonnages, le site est caractérisé par un déclin important des surfaces agricoles (1 370 ha en 2004 contre 2 365 hectares en 1974, soit une diminution de 42 %). Au centre des chinampas, environ 600 ha de terres maraîchères ont été classées en réserve protégée. Aujourd'hui constitué de zones marécageuses, le secteur bénéficie de mesures strictes de protection excluant toute activité. Des infrastructures récréatives (terrains de sports, plans d'eau artificiels, parcs environnementaux) ont également été construites (notamment dans la partie ouest du site) et enregistrent une augmentation de superficie de + 137 %. Enfin, l'analyse révèle un accroissement des surfaces bâties entre 1974 et 2004 (+ 165 %). Contrairement aux hortillonnages où les transformations sont liées à des logiques individuelles, elles sont ici les conséquences d'une volonté gouvernementale à travers la mise en place d'un plan d'aménagement en 1989 (Canabal Cristiani, 1992). Celui-ci devait répondre à plusieurs besoins : freiner l'urbanisation, protéger la ville des inondations (création de bassins de régulation), limiter la pollution et développer l'attractivité touristique du site. Si la plupart de ces objectifs ont été atteints, le plan n'a en revanche eu aucun impact sur l'urbanisation.

3.2. Un accroissement de la pression urbaine

Les images satellites se révèlent très pertinentes pour mettre en évidence le phénomène de pression urbaine. Les serres agricoles et les constructions illégales, souvent constituées de

matériaux de récupération (tôles métalliques, structure en fer, etc.), sont des objets particulièrement réfléchissants et donc facilement identifiables par leur valeur radiométrique.

La comparaison des cartographies issues des classifications (Planche 4, n° 1 et 2) révèle un accroissement des surfaces bâties autour des chinampas (8 062 ha en 2000 contre 5 365 ha en 1989, soit une progression de 50 %). Deux phénomènes ressortent : une densification du bâti sur l'ensemble de la zone (des quartiers entiers se sont construits en quelques années, comme le *Barrio 18* à l'ouest visible sur la Planche 4, n° 4) et une multiplication des constructions à l'intérieur du site. Les plus fortes infiltrations se retrouvent dans la partie sud où le bâti s'est propagé à partir des villages de San Gregorio Atlapulco et San Luis Tlaxialtemalco.

Pour analyser plus précisément l'évolution de ces constructions à l'intérieur des chinampas, le périmètre du site est extrait à l'aide d'un masque géométrique. La procédure « *reclass* » sous *Idrisi* isole ensuite la classe « bâti » en recodant ses pixels avec la valeur 1 et le reste à zéro. L'analyse comparative des situations en 1989 et 2000 (Planche 4, n° 3 et 4) révèle une augmentation importante des zones urbanisées (812 ha en 2000 contre 281 ha en 1989, soit une progression de 189 %). Les enquêtes de terrain et les données statistiques permettent d'identifier des serres agricoles au nord de San Luis Tlaxialtemalco (liées à l'extension de la floriculture) et des habitations sur des parcelles agricoles pourtant classées inconstructibles (Unesco, 2006). Ce type d'urbanisation est un problème généralisé à l'ensemble de Xochimilco puisqu'en 2005, le gouvernement a recensé 300 quartiers illégaux rassemblant 137 558 habitants, soit 37 % de la population de la délégation (DDF, 2006). Parmi ce nombre, 32 800 personnes (environ 23 %) habitent sur les parcelles des chinampas (DDF, 2006). Cet habitat informel accroît la vulnérabilité des personnes face aux risques naturels (inondation, glissement de terrain, ruissellement, séisme, etc.) et engendre d'importants problèmes environnementaux (rejet d'eaux usées directement dans les canaux, pollution, assèchement, etc.) qui déstabilisent le fonctionnement complet des chinampas.

CONCLUSION

L'exploitation conjointe des photographies aériennes et des images satellitales, associée aux données stationnelles, statistiques et historiques, permet de définir une démarche méthodologique pertinente et réitérable à d'autres espaces. Si les photographies aériennes permettent une lecture fine de l'occupation du sol (à l'échelle d'une parcelle), les images satellites s'avèrent très utiles pour détecter les transformations globales de l'occupation du sol et notamment la pression urbaine.

L'analyse spatiale montre ainsi des changements importants dans l'occupation du sol des hortillonnages et des chinampas. Malgré des contextes différents, les deux sites connaissent des évolutions similaires : déclin de l'agriculture traditionnelle, développement des activités de loisirs et extension de l'urbanisation. Il existe toutefois des différenciations dans l'importance et la nature des changements, liées aux spécificités socioculturelles et politiques propres à chacun des sites.

Cette complémentarité des outils aboutit à une compréhension, à la fois fine et globale, de l'occupation du sol sur ces zones humides urbaines. Ces espaces, considérés depuis une vingtaine d'années comme des éléments patrimoniaux², sont confrontés à de nombreuses pressions (pollution, urbanisation, surfréquentation, etc.). Leur gestion et leurs dynamiques futures sont donc au cœur des préoccupations des différents groupes d'acteurs. Cette démarche, fondée sur une analyse diachronique des données-images, pourrait ainsi, dans le cadre d'un partenariat avec les institutions, servir de support au suivi de ces transformations pour guider les orientations futures d'aménagement.

² Les chinampas de Xochimilco sont classées depuis 1987 sur la liste du Patrimoine mondial de l'Unesco

BIBLIOGRAPHIE

CANABAL CRISTIANI B., TORRES-LIMA P.A., BURELA RUEDA G., 1992, *La ciudad y sus chinampas: el caso de Xochimilco*, UAM-Xochimilco, Mexico, 177p.

DDF, 2006, *Gaceta oficial del distrito federal*, 11 janvier 2006, DDF, Mexico, 164p.

FLEURY A., 1998, Nature, agriculture et ville : les mutations d'usage des marais cultivés au cœur des villes, *Intervention au Symposium international Paris-Québec : La réhabilitation des cours d'eau en milieu urbain*, 28-30 septembre, <http://www.inra.fr/Internet/Produits/dpenv/aurb19.htm> (consulté le 12.01.2006).

GRAMOND D., 2005, Mesures et caractérisations des changements de l'occupation des sols à partir de l'analyse diachronique de données satellitales. Application à la zone humide d'Agköl (Turquie), *Photo-interprétation*, 41, 27-32.

HOTYAT M., 1990, *De l'espace territorial à l'analyse stationnelle : recherche méthodologique pour une approche biogéographique de la forêt française*, HDR de Géographie, Université Paris VII, 298p.

HOTYAT M. et GALOCHET M., 2005, Introduction générale au concept de la dynamique. Approche méthodologique, *Photo-interprétation*, 41, 3-4.

MUSSET A., 2003, L'agriculture sur l'eau en milieu urbain : Les hortillonnages d'Amiens et les chinampas de Xochimilco, *Bulletin de l'Association des géographes français*, septembre, p. 325-337.

ROJAS RABIELA T., 1995, *Presente, pasado y futuro de las chinampas*, CIESAS, México-D.F., 324p.

RUFAT S., 2006, Mexico, au risque de son développement, *Géoconfluences*, Brève - n° 2,
<http://geoconfluences.ens-lsh.fr/doc/breves/2006/1.htm#1> (consulté le 12.05.2006).

UNESCO, 2006, *Xochimilco, un proceso de gestión participativa*, Unesco, Mexico, 364p.

Liste des illustrations :

Tableau 1 : Caractérisation des modes d'occupation du sol selon les combinaisons de caractéristiques visuelles

Tableau 2 : Nomenclature des classes thématiques retenues après les enquêtes de terrain

Planche 1 : Localisation des hortillonnages d'Amiens et des chinampas de Xochimilco

Planche 2 : Méthodologie réitérable pour cartographier l'occupation récente du sol à partir de données-images

Planche 3 : Cartographie de l'occupation du sol des hortillonnages entre 1947 et 2006 à partir des photographies aériennes

Planche 4 : Cartographie de l'occupation du sol dans les chinampas entre 1989 et 2000 à partir d'images satellites

| COULEUR | | TEXTURE | | | STRUCTURE | | | DENSITE | | | HAUTEUR | | |
|----------|------------|----------|-----------------|--|-----------|-------------|--|----------|---------|--|----------|---------|--|
| a | noir | e | lisse | | h | anarchique | | k | nulle | | n | faible | |
| b | gris | f | moymt. rugueuse | | i | géométrique | | l | moyenne | | o | moyenne | |
| c | vert foncé | g | rugueuse | | j | absente | | m | élevée | | p | élevée | |
| d | marron | | | | | | | | | | | | |

| Profil | couleur | | | | texture | | | structure | | | densité | | | hauteur | | | | Occupation du sol |
|-----------|---------|---|---|---|---------|---|---|-----------|---|---|---------|---|---|---------|---|---|---|------------------------------------|
| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | <i>Eau</i> |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | <i>Bois</i> |
| 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | <i>Friche</i> |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | <i>Maraîchage</i> |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | <i>Maraîchage labouré</i> |
| 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | <i>Pépinière-verger</i> |
| 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | <i>Jardin potager</i> |
| 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | <i>Jardin d'agrément (arbres)</i> |
| 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | <i>Jardin d'agrément (pelouse)</i> |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | <i>Jardin d'agrément/habitat</i> |
| 11 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | <i>Bâti dense</i> |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | <i>Chemin/Route</i> |

Tableau 1 : Caractérisation des modes d'occupation du sol selon les combinaisons de caractéristiques visuelles

Table 1: Characterization of land use according to the combinations of visual characteristics

| Thèmes | Classes | Caractéristiques <i>(d'après les enquêtes de terrain, juillet 2006)</i> |
|-------------------|------------------------------|---|
| EAU | 1. Plan d'eau | Eau libre ou stagnante, profondeur faible (< 3m), souvent chargée en matériaux (végétal et minéral) |
| VEGETATION | 2. Végétation haute | Haies d'arbres plantés en bordure des routes ou de parcelles dans les chinampas Bosquets insérés dans le tissu urbain (parcs, jardins, etc.) |
| | 3. Végétation basse | Cultures maraîchères en alignement Végétation hydrophile et hygrophile sur les zones marécageuses |
| SOL | 4. Sol nu | Sol travaillé après comblement des canaux, présence de gravats |
| | 5. Sol à faible recouvrement | Terrains non exploités ou utilisés pour le pâturage, présence d'une strate herbacée plus ou moins discontinue |
| BATI | 6. Bâti dense | Tissu urbain dense composé en majorité d'habitations |
| | 7. Usine/serre | Objets rectangulaires très réfléchissants |
| | 8. Route | Axe routier au cœur du tissu urbain, objet peu réfléchissant |

Tableau 2 : Nomenclature des classes thématiques retenues après les enquêtes de terrain

Table 2: List of thematic classes defined after the field investigations

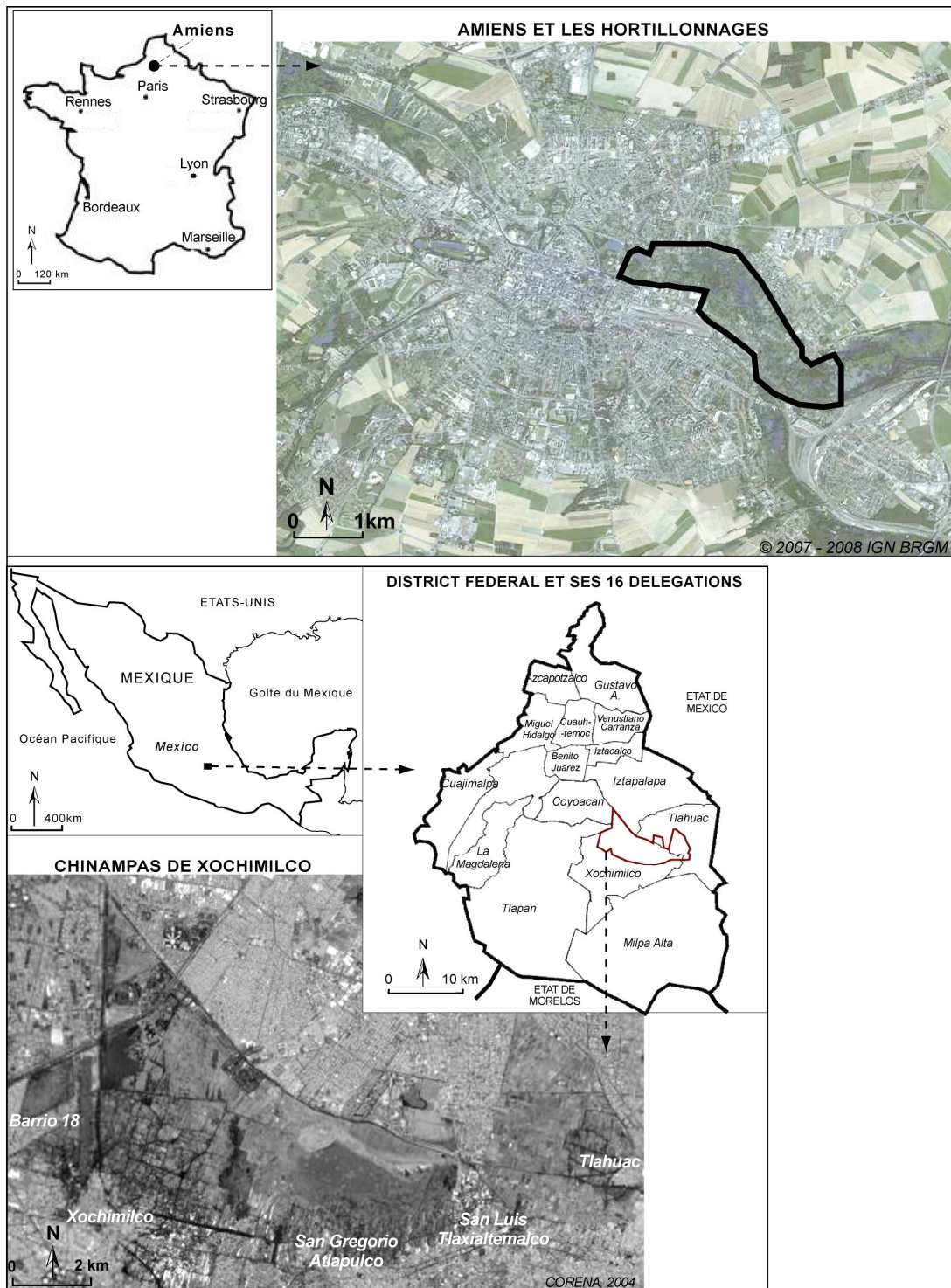


Planche 1 : Localisation des hortillonnages d'Amiens et des chinampas de Xochimilco

Plate 1: Location of Amiens and chinampas of Xochimilco

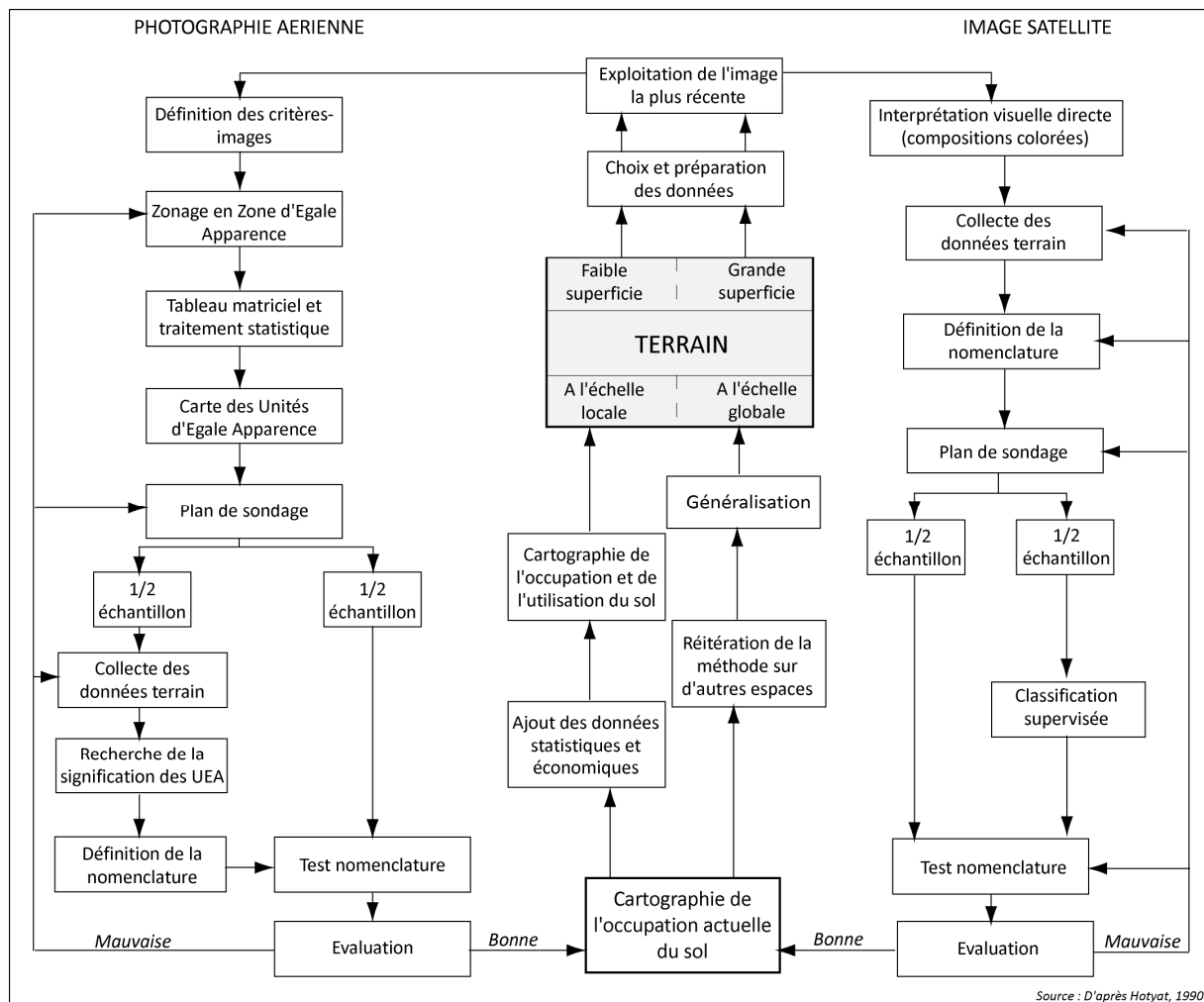


Planche 2 : Méthodologie réitérable pour cartographier l'occupation récente du sol à partir de données-images

Plate 2: Methodology to map the recent land use from image data

CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DU SOL DANS LES HORTILLONNAGES

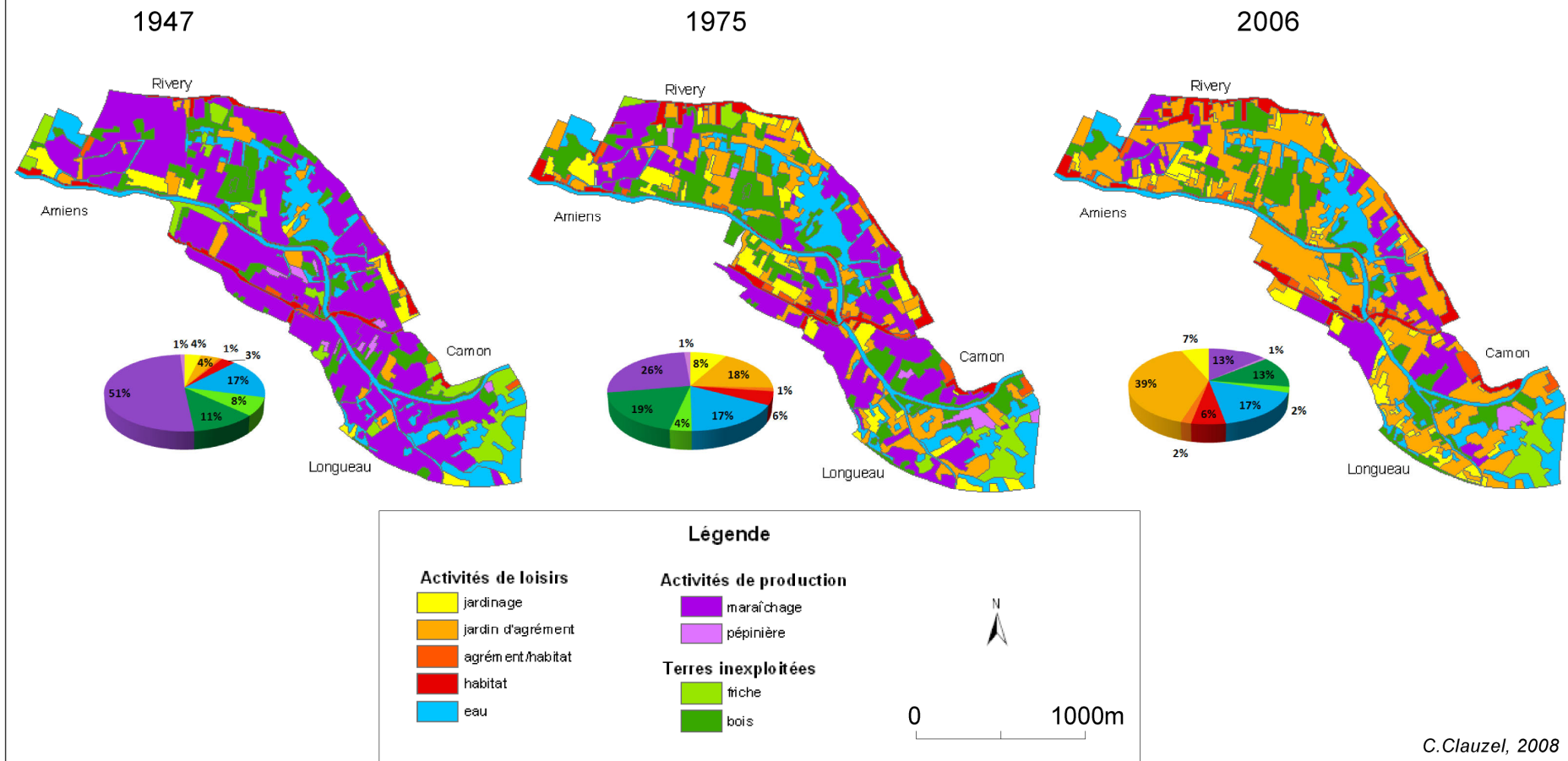


Planche 3 : Cartographie de l'occupation du sol dans les hortillonnages entre 1947 et 2006 à partir des photographies aériennes

Plate 3: Mapping of land use in the hortillonnages between 1947 and 2006 from aerial photographs

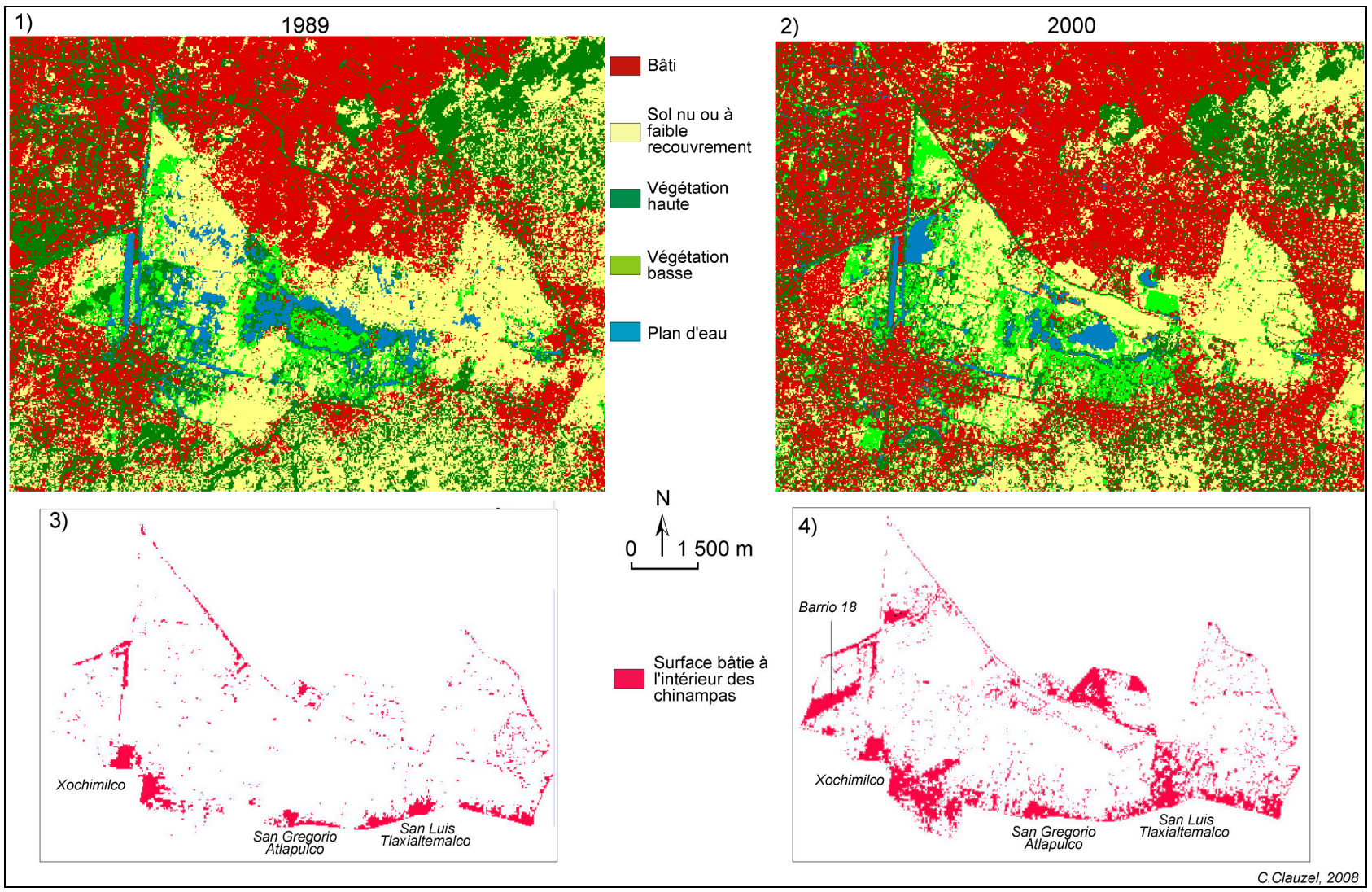


Planche 4 : Cartographie de l'occupation du sol dans les chinampas entre 1989 et 2000 à partir d'images satellites

Plate 4: Mapping of land use in the chinampas between 1989 and 2000 from satellite images

