

LES FONDEMENTS DE L'ANALYSE NUMÉRIQUE DE PHOTOS PRISES AU FISHEYE POUR DES BESOINS TOPOCLIMATOLOGIQUES

B. CORNÉLIS⁽¹⁾ - M. ERPICUM⁽²⁾

(1) Institut de Géographie - Université de Liège - Place du 20-août, 7 - B-4000 Liège - Belgique. E-mail : cornelis@geo.ulg.ac.be

(2) Université de Liège (Sart Tilman) - Département de Géographie Physique – Laboratoire de Climatologie et Topoclimatologie - Allée du 6-Août - Bâtiment B11 - B-4000 Liège - Belgique.

Résumé:

Les photos prises au fisheye, fréquemment utilisées en foresterie et en écologie pour les mesures de canopées (voûtes végétales), semblent n'avoir été utilisées en climatologie qu'à titre d'illustration. L'analyse numérique de ces photos pourrait bien changer les choses. En effet, les photos prises au fisheye se révèlent être une source riche d'informations pour les climatologues. Que ce soit pour des études de climatologie appliquée ou de topoclimatologie, l'analyse numérique des photos fisheye permet de quantifier l'ensoleillement, le rayonnement diffus, l'ouverture du ciel,... en résumé, l'exposition d'un site ou d'un appareil de mesure au soleil, au vent,... Cet article présente les fondements de l'analyse numérique de photos prises au fisheye et en guise d'illustration des possibilités de l'outil, la mesure de l'ensoleillement en milieu urbain.

Abstract:

Fisheye pictures are frequently used in forestry and in ecology for canopy measurements. In climatology, it seems that they have only been used for illustration purposes. In fact, fisheye pictures are rich in climatological information. Digital fisheye image processing can be used for applied climatology as well as for topoclimatological studies. It allows the quantification of insolation, diffuse radiation, sky-view factor,... In other words, it provides an objective assessment of the exposure of a site or of a measuring device. This article introduces the basis for digital fisheye image processing. The possibilities offered by this tool will be illustrated with sunshine measurements in an urban environment.

Mots clefs: Analyse numérique, ensoleillement, fisheye, ouverture du ciel, photographie hémisphérique, topoclimatologie urbaine.

Key words: Digital image processing, fisheye, hemispherical photography, insolation, sky-view factor, urban topoclimatology.

Introduction

Au début du siècle, une lentille qui permet de photographier tout le ciel fut mise au point: "l'œil de poisson" ou *fisheye lens* (Hill, 1924). Utilisé à l'origine en météorologie pour l'étude de la formation des nuages, le fisheye fut assez rapidement adopté par les forestiers et les écologistes pour étudier l'environnement lumineux sous les voûtes végétales (*canopy*) forestières (Evans et Coombe, 1959; Anderson, 1964). L'avènement de l'informatique et du traitement numérique des

images a donné depuis quelques années un nouveau souffle à l'analyse des photos prises au fisheye (Rich, 1989; Chan *et al*, 1986). Cet article envisage différentes possibilités, options et contraintes du traitement numérique des photos prises au fisheye. En guise d'illustration, la mesure de l'ensoleillement en milieu urbain est présentée.

1. Déformation du fisheye

Le fisheye est un objectif de type "super grand angle". Il permet une vision de 180° d'un seul coup d'oeil (fig. 1). La photographie hémisphérique introduit à première vue des déformations énormes. De façon à interpréter correctement les clichés et à identifier les distorsions associées à ce type de photographie, la lentille doit être étalonnée.

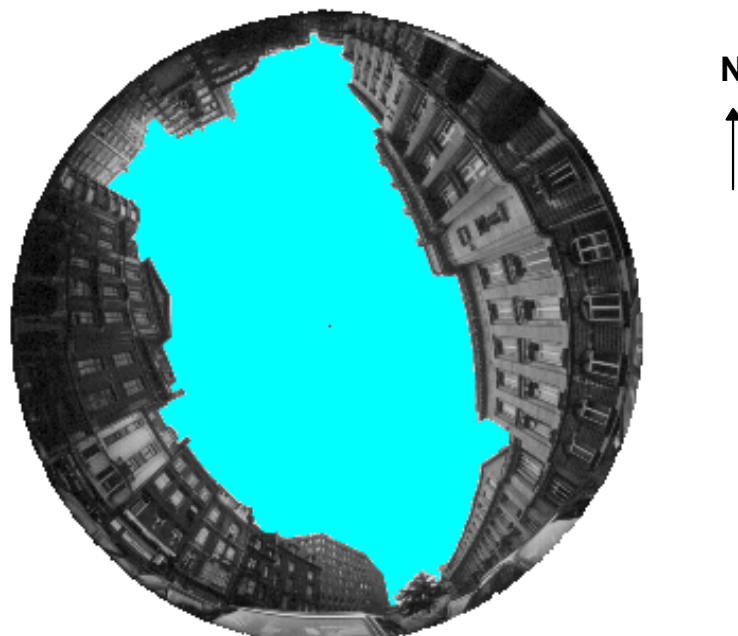


Figure 1 : Photo prise Place du XX-Août à Liège avec un objectif fisheye.

Pour l'étalonnage du fisheye, des mesures d'angles sont effectuées au théodolite, sous forme de hauteurs angulaires de bâtiments par exemple. Du même endroit et à la même hauteur, un cliché au fisheye doit être pris. Les mesures angulaires sont ensuite reportées sur un agrandissement de la photo (dans notre cas format 30 x 45). Le centre de l'image (ou zénith de l'endroit) est retrouvé par superposition d'une cible de même diamètre. Après mesure de la distance au centre des points de contrôle, les mesures angulaires et millimétriques sont mises en graphe. Ce graphe peut être comparé à celui obtenu par des projections polaires classiques (fig. 2).

Après comparaison avec les projections polaires orthographique (pop), gnomonique (pgp), équidistante (ppe), équidistante-Lambert (ppel) et stéréographique

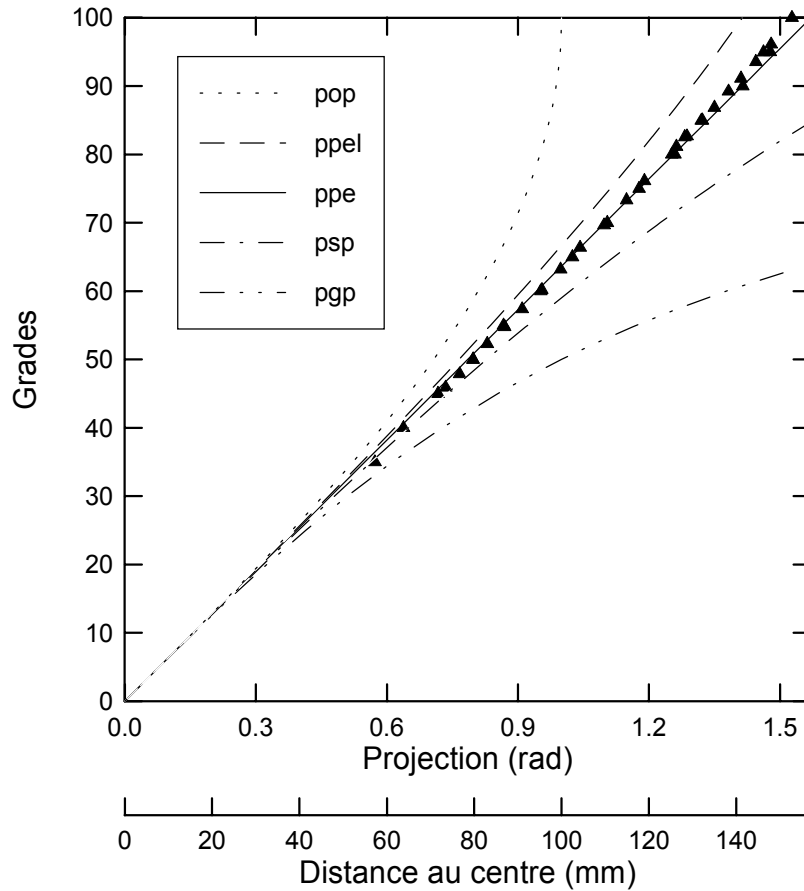


Figure 2: Superposition des mesures d'angles au théodolite et projections polaires (Cornélis, 1994).

phique (psp), il ressort que le fisheye a un comportement similaire à la projection polaire équidistante (Hill, 1924; Cornélis, 1994). Ce type de projection présente une échelle verticale conservée et une déformation latérale croissante. Les mesures de surface ne peuvent donc se faire qu'en calculant les coefficients de déformation. Les petits écarts observés sur le graphe sont vraisemblablement dus au fait que le fisheye et le théodolite n'étaient pas exactement dans le même plan d'horizontalité lors de la mesure.

2. Prise de clichés et numérisation

La prise de clichés et la numérisation demandent la mise au point d'un protocole de mesure. Les options prises lors de la définition de ce protocole vont influencer les étapes ultérieures de l'analyse. La position de l'objectif lors de la prise du cliché, le support du cliché et le type de numérisation doivent être pris en compte.

À l'origine, l'appareil photographique était placé à l'horizontal, objectif tourné vers le ciel. Les premières utilisations de photos hémisphériques ont eu recours à ce type de cliché. Par la suite, la prise de clichés a évolué pour certaines applica-

tions, en horizontal objectif pointé vers le sol. On peut bien entendu utiliser l'appareil dans d'autres positions, tout dépend de l'information recherchée.

Le support du cliché joue un rôle important dans l'extraction de l'information et dans le type d'analyse. Classiquement, les photos sont prises sur pellicule et tirées sur papier photographique. Le choix en pellicule et papier est, à l'heure actuelle, assez impressionnant : noir et blanc, couleurs, "spéciaux", à haute sensibilité, avec tel finesse de grain,... Ajoutons y la possibilité d'utiliser des filtres pour sélectionner l'information reçue.

Depuis quelques années, il est possible de recevoir les clichés non plus sur support papier mais en format numérique sur CD-photos. Dans un futur proche, il sera possible d'utiliser l'objectif fisheye monté sur un appareil photographique numérique. Ce faisant, on s'affranchira de la pellicule et du papier. Entre temps, les deux outils traditionnels de numérisation sont le scanner et la vidéo reliée à un ordinateur (Rich, 1989). Là encore, on peut numériser soit le négatif, soit la photo papier. La résolution de l'image doit être considérée non seulement en fonction du support d'origine et de ses caractéristiques (grains,...), des caractéristiques de l'appareil de numérisation, mais aussi du but de la recherche, des capacités de stockage et d'analyse (temps calcul,...). Une fois de plus, tout dépend de l'information recherchée.

3. Préparation et analyse des images

Une fois les photos disponibles sous format numérique, il reste à les analyser. Généralement avant toute analyse numérique, une préparation (*preprocessing*) de l'image est nécessaire. Suivant l'application, les images fisheye ont besoin de corrections radiométrique et/ou géométrique.

La correction des déformations de la lentille (*panoramic distortion* - voir ci-dessus) est une déformation géométrique de type systématique qui peut être corrigée en connaissant quelques paramètres (focale, résolution,...) (Herbert, 1986 et 1987). Une autre déformation systématique est l'inversion Est-Ouest des photos. Un simple renversement horizontal des images permet de s'affranchir de ce problème d'orientation.

Les corrections de valeur de pixels sont plus des mises en évidence de certains éléments intéressants de l'image que des corrections radiométriques à proprement parler. Ainsi, la mise en évidence du ciel ou l'identification du pixel central de l'image (ou zénith) se font habituellement de façon supervisée. Les techniques sont variées: superposition d'une cible de même diamètre, analyse de densité, analyse de voisinage,....

Les images préparées, des analyses automatisées peuvent se faire. Certaines analyses font partie de logiciels de traitement d'images, d'autres, spécifiques, doivent être programmées. Les images fisheye peuvent être analysées du point de vue de leur périmètre (fig. 3a) (Steyn, 1980), leur surface (attention aux déformations) (fig. 3b), leur longueur d'ouverture (Cornélis, 1994), ou par secteurs: quartier ou anneau ou une combinaison des deux (Anderson, 1964; Rich, 1989). Parmi les utilisations courantes en foresterie, on trouve la mesure de l'ensoleillement, de l'éclairement, la prédiction du taux de croissance des plantes, la caractérisation de

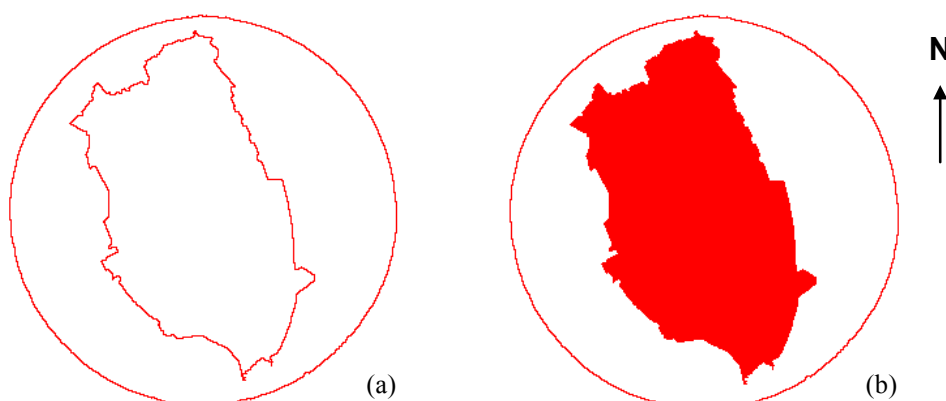


Figure 3 : a) analyse du périmètre du ciel; b) analyse de la surface du ciel.

l'architecture de la voûte végétale (*canopy*), la prédiction de la capacité photosynthétique, la mesure de l'index de surface foliaire (*LAI - Leaf Area Index*). Pour une utilisation climatologique, la caractérisation d'un site ou d'un appareil de mesure quant à son ensoleillement, son ouverture au ciel, son éclaircissement, son exposition aux vents, l'influence des objets de l'entourage est digne d'intérêt. Le type d'analyse dépend de la caractéristique étudiée.

4. Exemple d'analyse: l'ensoleillement en milieu urbain (Cornélis, 1994)

Diverses façons d'appréhender l'ensoleillement en milieu urbain peuvent être envisagées. Certaines sont plus réalistes, et/ou plus coûteuses (temps et argent) que d'autres. On peut penser au marquage au sol à différents moments de la journée et de l'année, la photographie classique, la photographie au fisheye, ou la mesure au théodolite des hauteurs angulaires des obstacles pour divers points de mesure. Seule, la mesure de l'ensoleillement par superposition du trajet apparent du Soleil sur des photos prises au fisheye est présentée ici.

La prise des clichés en milieu urbain ne répond pas aux mêmes conditions qu'en milieu forestier. La mesure de l'ensoleillement ajoute quelques contraintes supplémentaires. Aussi, le protocole de mesures suivant a été adopté:

- utilisation d'un objectif Canon fisheye 7.5 mm;
- fixage d'un niveau à bulle sur le boîtier - ce qui assure l'horizontalité;
- montage de l'appareil sur un trépied - ce qui assure la stabilité lors des clichés;
- prise des clichés à 1.20 mètre du sol - cette hauteur comprise entre 1 m et 1 m 50 se justifie par l'orientation humaine de l'étude (une hauteur de 2.5-3.5 m serait indiquée pour étudier l'implantation de panneaux solaires), et est imposée par les caractéristiques du trépied utilisé. Cela permet d'éviter les automobiles sur le champ de vision de la photo;

- orientation du dessus du boîtier au Nord à l'aide d'une boussole;
- prise des clichés sur film Fujicolor SuperG 100-DX, un film couleur permet un contrôle visuel lors de la mise en évidence du ciel, ce qui évite les problèmes de confusion entre nuages et bâtiments,...;
- tirage des photos en format 10 x 15 cm;
- scannage des photos par le scanner Deskscan II, à une résolution de 75 dpi - faible résolution pour réduire le temps de calcul et l'espace de stockage;
- conversion des photos scannées en images à 256 niveaux;
- mise en évidence du zénith ou pixel central;
- coloriage du ciel en cyan à l'aide d'un logiciel de traitement d'image (PhotoStyler, PhotoFinish,...) - ce qui permet de s'affranchir des objets indésirables comme les nuages, les fils électriques, etc.;
- enfin, sauvegarde des images en format bitmap - ce qui autorise leur analyse dans un programme spécialement conçu pour y superposer le trajet apparent du Soleil.

Tableau 1: Synthèse des résultats fournis par l'analyse numérique de l'ensoleillement annuel de la figure 4.

Potentiel d'ensoleillement par mois (minutes)		Potentiel annuel d'ensoleillement heure par heure (minutes)	
1	1 508	0	0
2	3 004	1	0
3	7 396	2	0
4	10 330	3	0
5	10 966	4	0
6	11 111	5	0
7	11 152	6	0
8	10 939	7	0
9	8 536	8	0
10	4 940	9	6 596
11	1 980	10	17 331
12	822	11	18 524
Potentiel total d'ensoleillement sur une année (minutes)		12	14 113
		13	12 865
82 684		14	9 643
		15	3 612
		16	0
		17	0
		18	0
		19	0
		20	0
		21	0
		22	0
		23	0

Le programme d'analyse, écrit en TurboPascal, vérifie pour un laps de temps prédéfini (année, mois, jour, heure, minute) la possibilité ou non d'avoir du Soleil. Il tient compte de la latitude et utilise les formules astronomiques complexes (Sérane, 1987; Cornélis, 1994). Les résultats fournis sont de deux types : image et fichier texte (fig. 4 et Tableau 1).

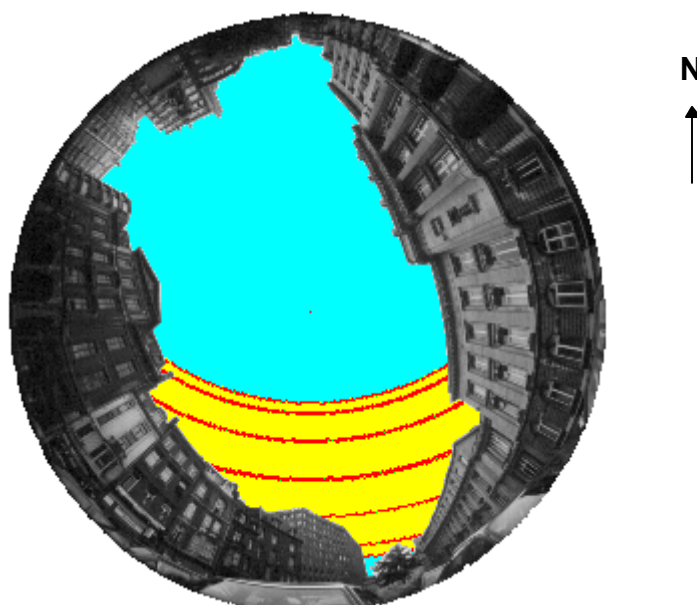


Figure 4: Résultat visuel de l'analyse numérique de l'ensoleillement sur une photo fisheye. La zone en clair équivaut à la partie du ciel parcourue par le Soleil au cours d'une année. Les traits foncés sur cette zone claires représentent le vingt et unième jour des mois. Le 21/6 est représenté par l'arc intérieur, vient ensuite l'arc correspondant au 21/5 et 21/7, et ainsi de suite jusqu'au trait du 21/12 (à peine visible dans ce cas-ci).

Conclusion

La photographie au fisheye utilisée dès l'origine comme outil météorologique d'estimation de la nébulosité, fut adoptée très vite par les forestiers. L'analyse numérique des photos prises au fisheye pour des besoins climatologiques n'en est toutefois qu'à ses débuts. Cette combinaison de techniques demande la mise au point de protocoles stricts de mesure et d'analyse. L'étalonnage de ce nouvel outil devrait permettre une meilleure caractérisation de l'influence des sites sur les appareils de mesure. Les possibilités offertes par l'analyse numérique de photos fisheye ne se limitent pas à la caractérisation des sites, d'autres utilisations sont possibles telles la mesure de l'ensoleillement, de l'ouverture au ciel, de l'éclairement, de l'exposition aux vents,... Éventuellement, cet outil devrait permettre un accroissement du nombre de points de mesures. Comme toute autre nouvelle technologie, elle ne demande qu'à être améliorée.

Bibliographie

- ANDERSON M.C., 1964: Studies of the woodland light climate I. The photographic computation of light condition, *Journal of Ecology*, 52, 27-41.
- CHAN S.S.- MCCREIGHT R.W.- WALSTAD J.D.- SPIES T.A., 1986: Evaluating forest cover with computerized analysis of fisheye photographs, *Forest Science*, 32, 1085-1091.
- CORNÉLIS B., 1994: *Mesure de l'ensoleillement des places publiques par superposition du trajet apparent du Soleil sur des photos prises au fish-eye - Le cas des places du centre ville de Liège*, mémoire de Licence en Sciences Géographiques, Université de Liège, Liège, Belgique, 126 p. + annexes.
- EVANS G.C.- COOMBE D.E., 1959: Hemispherical and woodland canopy photography and the light climate, *Journal of Ecology*, 47, 103-113.
- HERBERT T.J., 1986: Calibration of fisheye lenses by inversion of area projection, *Applied Optics*, 25, 1875-1876.
- HERBERT T.J., 1987: Area projections of fisheye photographic lenses, *Agricultural and Forest Meteorology*, 39, 215-223.
- HILL R., 1924: A lens for whole sky photographs, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 50, 227-235.
- RICH P.M., 1989: *A manual for analysis of hemispherical canopy photography*, Los Alamos National Laboratory Report LA-11733-M, 80 p.
- SÉRANE G., 1987: *Astronomie et ordinateur*, Dunod, Paris, 264 p.
- STEYN D.G., 1980: The calculation of view factors from fisheye-lens photographs, *Atmosphere-Ocean (Environnement Canada)*, 18, 254-258.