

SUIVI TEMPS RÉEL PAR VISION DE LA CROISSANCE DE LA TOMATE

U.Verma¹, J.Orensanz², F.Rossant³

1 Manipal Institute of Technology, Manipal, Karnataka (Inde). 2. Cap2020, Gironville sur Essonne. 3. ISEP, Paris.



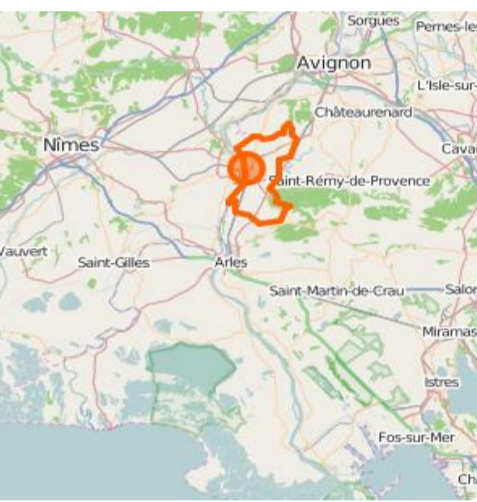
CONTEXTE

La tomate de plein champ est généralement récoltée pour être envoyée dans des usines de conditionnement. Ces usines ont une capacité de traitement limitée et la filière souhaite anticiper et mieux organiser la récolte en disposant d'informations de maturité et de rendement précocement sur chacune des parcelles de production. Différentes approches existent : modélisation, imagerie satellite, etc.. Dans le cadre du projet MCUBE, nous nous sommes intéressés à une mesure directe de la croissance et de la maturation de la tomate par vision artificielle, basée sur un dispositif de prise de vue stéréoscopique.



DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Un terrain de jeu à Tarascon (13)



Le déploiement du dispositif s'est fait sur 3 campagnes au sein de parcelles appartenant à M. Jérôme Grangier, producteur de tomates à Tarascon. Du fait de la rotation culturale, le dispositif a été implanté sur trois parcelles différentes. Les parcelles étaient irriguées en goutte à goutte.

La plantation des parcelles a généralement lieu en avril (+/- 3 semaines), et les tomates sont récoltées à maturité à la fin du mois d'août (+/- 3 semaines). Connaître en amont de la récolte une date de maturité (+/- 5 j) permet de mieux organiser la récolte.



Un système d'imagerie stéréoscopique



Le dispositif répond à plusieurs critères :

- Une prise de vue stéréoscopique (exploitation de la 3D) car les tomates sont en effet à une distance variable du capteur,
- une grande richesse d'information (résolution) car la végétation est complexe,
- des capteurs bon marché car on souhaite pouvoir multiplier les points d'échantillonnage voire à terme embarquer le système,
- une grande robustesse pour endurer plusieurs campagnes d'acquisition.

Nous avons choisi des appareils photo numérique du commerce, avec une bonne résolution (12 MP). Ceux-ci nous ont permis d'acquérir sur deux à trois points d'échantillonnage selon l'année près de 25 000 prises de vue.

MÉTHODE ET ALGORITHME - SEGMENTATION

On cherche ici à déterminer le volume des tomates présentes sur une prise de vue. Le traitement de chaque image se fait en deux temps :

- détection et segmentation des tomates présentes sur l'image
- estimation de la taille de chacune des tomates.



L'information colorimétrique n'est pas utile à un stade précoce!

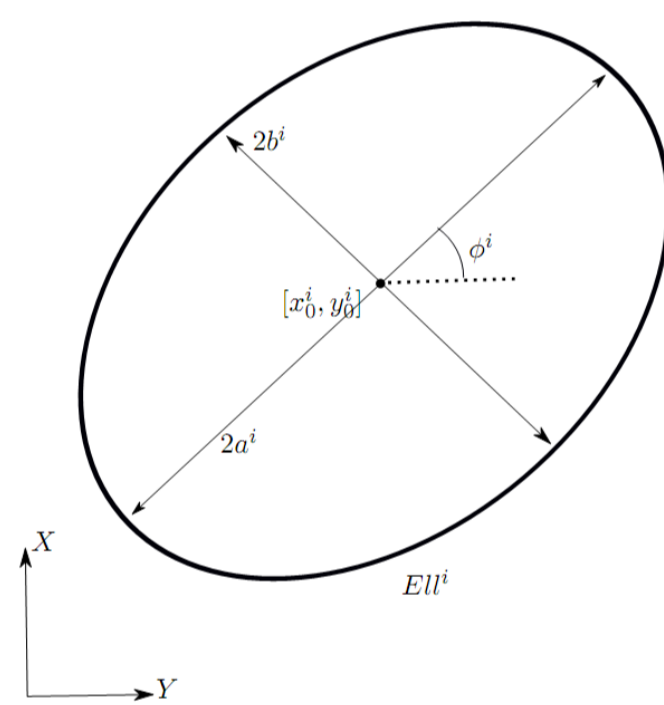


On a des occlusions plus ou moins sévères ... et variables d'un jour à l'autre.

Introduction d'une hypothèse de forme

On introduit une hypothèse de forme : la tomate peut être apparentée à une sphère dans l'espace 3D, se projetant sous forme d'une ellipse dans la prise de vue.

$$Ell^i = [x_0^i, y_0^i, a^i, b^i, \phi^i]$$



Traitement incrémental des données

Disposant de séries temporelles d'images, nous nous basons sur l'image acquise précédemment (i) afin d'initialiser le traitement sur une image acquise (i+1).

Im^{i+1}
(Nouvelle image)

Mise à jour de la position de la tomate

Détermination d'Ellipses candidates par RANSAC

Contours actifs (gradients) avec contrainte de forme

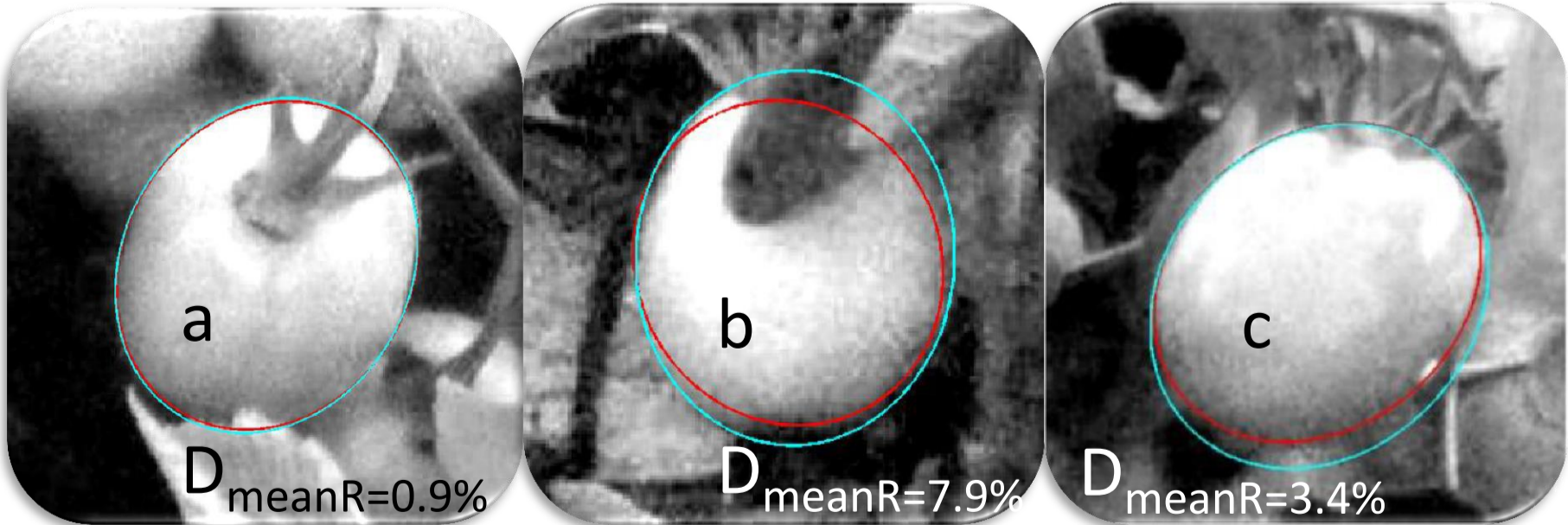
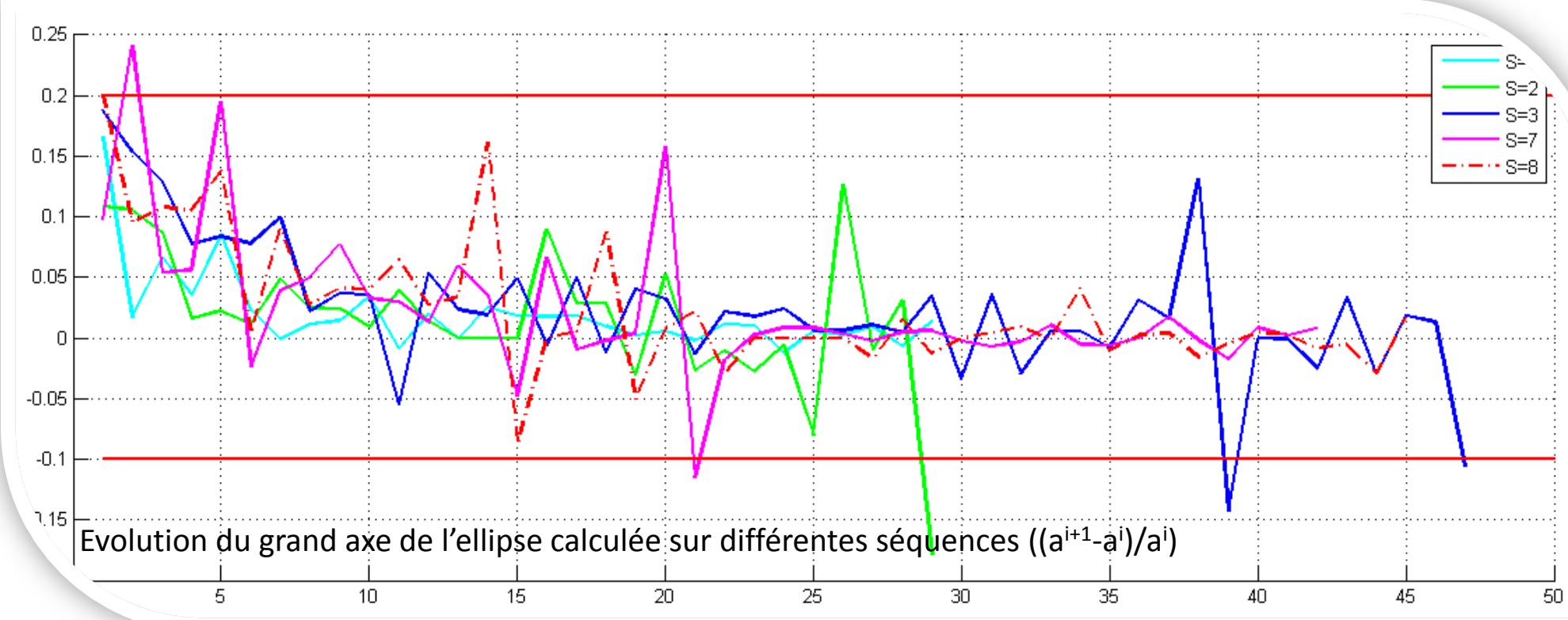
Ell^{i+1}

RÉSULTATS

La complexité des scènes (occlusion partielle ou totale par la végétation) nécessite qu'on distingue trois catégories au sein du jeu de données obtenu :

- catégorie 1 : moins de 30% d'occlusion (40% des individus).
- catégorie 2 : entre 30% et 50% d'occlusion (30 % des individus)
- catégorie 3 : plus de 50 % d'occlusion.

On obtient des résultats corrects concernant les tomates de la catégorie 1 : moins de 10% d'erreur sur le rayon estimé. Concernant les tomates des catégories 2 et 3, l'estimation se dégrade (évaluation correcte dans seulement 44% des cas).



Comparaison entre segmentation manuelle (cyan) et segmentation automatisée (rouge) sur différents cas. D_{mean} est la distance entre les deux contours. A noter : sur la tomate c, la segmentation automatique est plus proche de la réalité.

	Rmesuré	Restimé	Erreur %
Sequence 12	2.53	2.69	6.17
Sequence 13	2.07	2.16	4.61
Sequence 14	1.75	1.77	1.39
Sequence 15	2.2	2.17	0.97
Sequence 16	2.14	2.29	6.94
Sequence 17	1.36	1.17	13.87
Sequence 18	1.89	2	5.62
Sequence 19	2.57	2.84	10.46
Sequence 20	2.13	2.71	27.5
Sequence 21	2	2.09	4.56

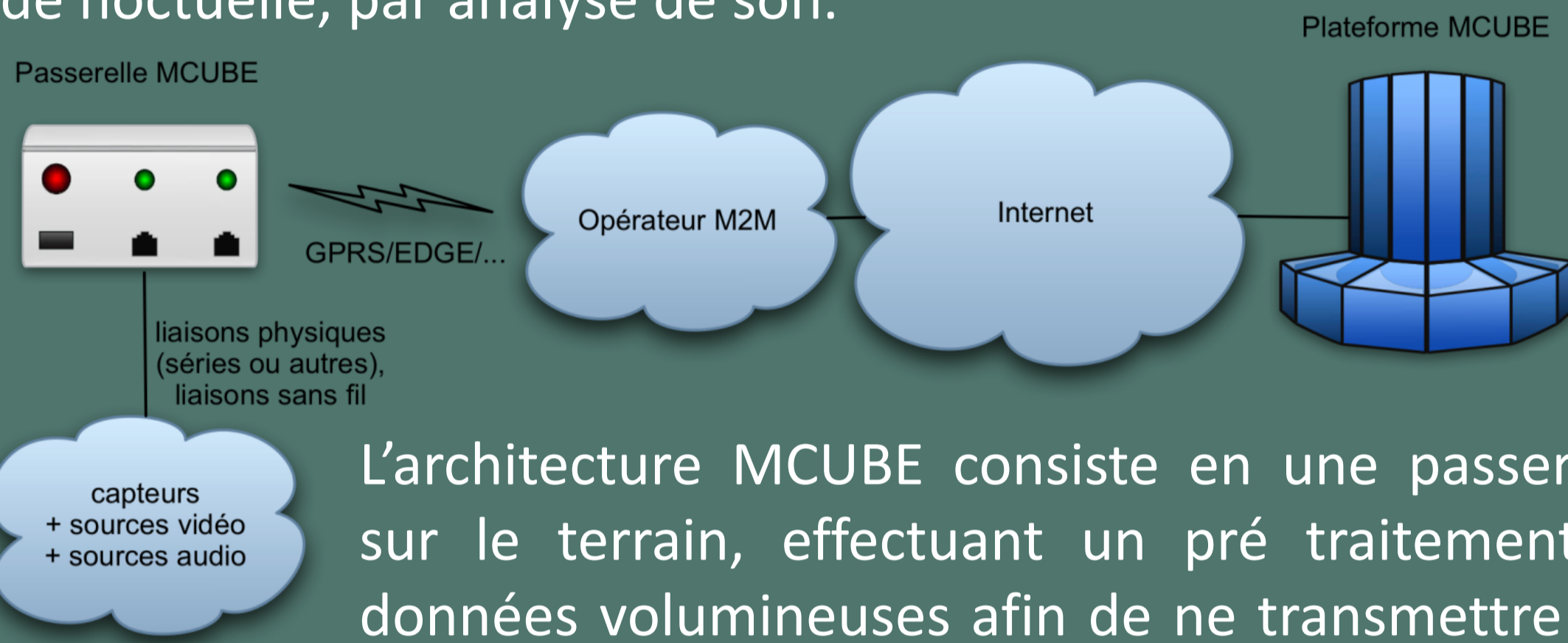
Les résultats obtenus sur les séquences (=tomate) étudiées sont acceptables malgré quelques points aberrants. Les principales erreurs sont plutôt liées à la segmentation (ombre, occultation, flou). A noter : une erreur d'un pixel donnera lieu à une erreur de 0.5 à 3% dans le résultat final, en fonction de la distance séparant la tomate de l'appareil photo.

Erreur obtenue entre mesure de la tomate et algorithme complet proposé (Segmentation et estimation par reconstruction 3D partielle)

PROJET MCUBE

MCUBE pour « multimédia pour le machine to machine »

L'objectif du projet était de développer des applications pour la collecte et l'exploitation de données multimédia (image, vidéo, son) sur le terrain. Ce projet n'était pas limité au cas agricole, un des cas d'étude se proposait d'analyser les salissures sur panneaux photovoltaïques. Parmi les cas d'étude agricole on trouvait le suivi de la croissance de la tomate et le suivi de la dynamique des vols de noctuelle, par analyse de son.



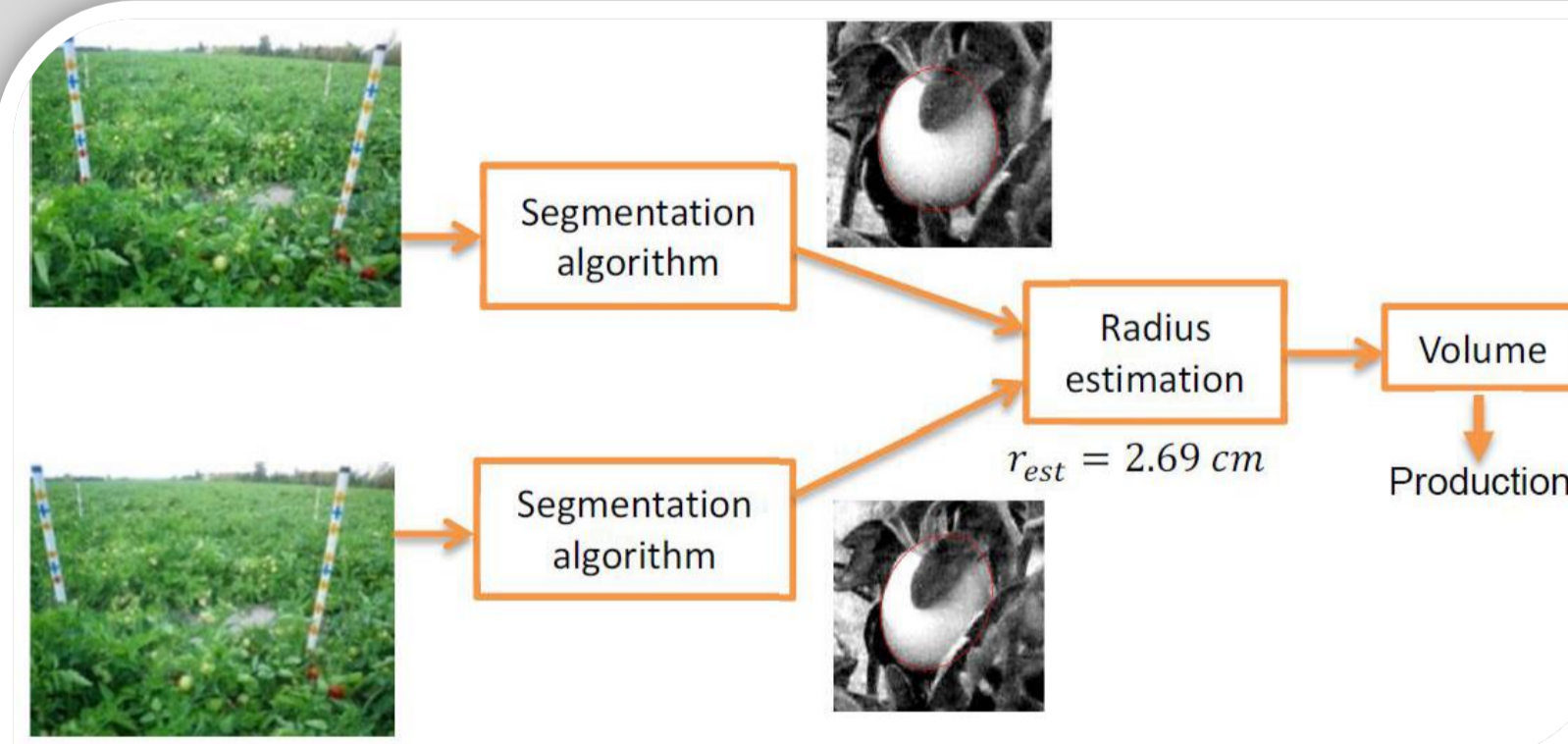
L'architecture MCUBE consiste en une passerelle, sur le terrain, effectuant un pré traitement de données volumineuses afin de ne transmettre que le strict nécessaire à une plateforme centralisée. Cette dernière peut alors effectuer les traitements les plus lourds sur les données.

ESTIMATION ABSOLUE DE LA TAILLE DE LA TOMATE

La segmentation permet de connaître la taille relative, en pixels, de la tomate. Les tomates n'étant pas dans le même plan, il est nécessaire de connaître les paramètres de la prise de vue. Les paramètres internes des appareils photo (optique) et les paramètres externes liés à la scène sont obtenus à l'aide d'une calibration effectuée en début de campagne à l'aide d'une mire.



Connaissant les ellipses résultant de la segmentation au sein des deux images du couple stéréoscopique, on utilise une procédure de triangulation pour retrouver le centre de la sphère (tomate) au sein de l'espace 3D ainsi que la taille absolue de la tomate.



CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le suivi de la croissance des tomates de plein champ par vision s'est révélé plus compliqué qu'initialement prévu:

- la vigueur de la végétation cause de nombreuses occlusions rendant la segmentation difficile,
- l'évolution de la végétation tend vers un affaissement général et mettant en péril le suivi temporel des tomates.

Nous avons pu toutefois montrer qu'il était possible de déterminer une taille absolue des tomates par cette technique, avec un taux d'erreur acceptable.

Ce travail a permis notamment de disposer de courbes de croissance des tomates tout le long du cycle de production. Parmi les perspectives d'utilisation de ces données, l'identification de développements anormaux.

La méthode proposée ne s'applique pas à tout type de tomate (hypothèse de forme), ils peuvent en revanche s'appliquer à d'autres cultures, et des expérimentations sont en cours en verger sur la culture de la pomme.

j.orensanz@cap2020.fr

