

Imagerie conjointe RGBS couleur et speckle pour la caractérisation de semences végétales

Etienne BELIN¹, David ROUSSEAU², Julio ROJAS-VARELA¹, François CHAPEAU-BLONDEAU¹

(1) Laboratoire Angevin de Recherche en Ingénierie des Systèmes (LARIS), Université d'Angers, 62 avenue Notre Dame du Lac, 49000 Angers, France.

(2) Université de Lyon, Laboratoire CREATIS; CNRS, UMR5220; INSERM, U1044; Université Lyon 1; INSA-Lyon, 69621 Villeurbanne, France.

etienne.belin@univ-angers.fr

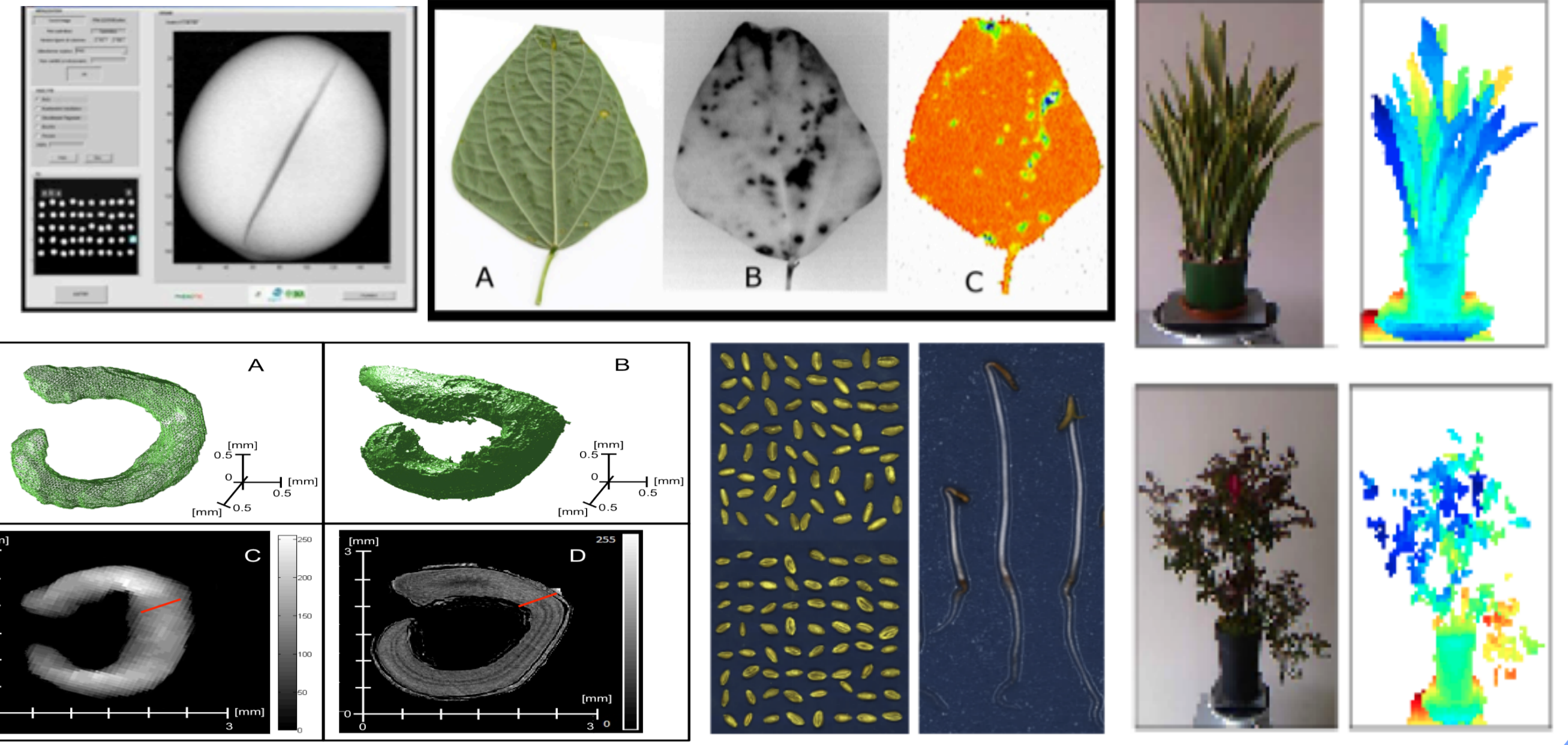
Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme « Investissements d'Avenir » sous la référence ANR-11-BTBR-0007 (programme AKER).

Contexte

- Vision par ordinateur pour les sciences du végétal :
→ problématiques en traitement de l'information [1]
- Imagerie : caractérisation non destructive d'évolution de phénomènes biologiques
→ **Phénotypage** [2,3,4,5]

PHENOTIC

- Plateforme d'instrumentation et d'imageries
 - RX (2D-3D) : structure interne des semences
 - IRM : cinétique d'imbibition dans les semences
 - Thermographie/fluorescence de chlorophylle : état physiologique de la feuille
 - Imagerie de profondeur : anatomie / architecture des plantes
 - Hyperspectral : identification / classification de tissus végétaux



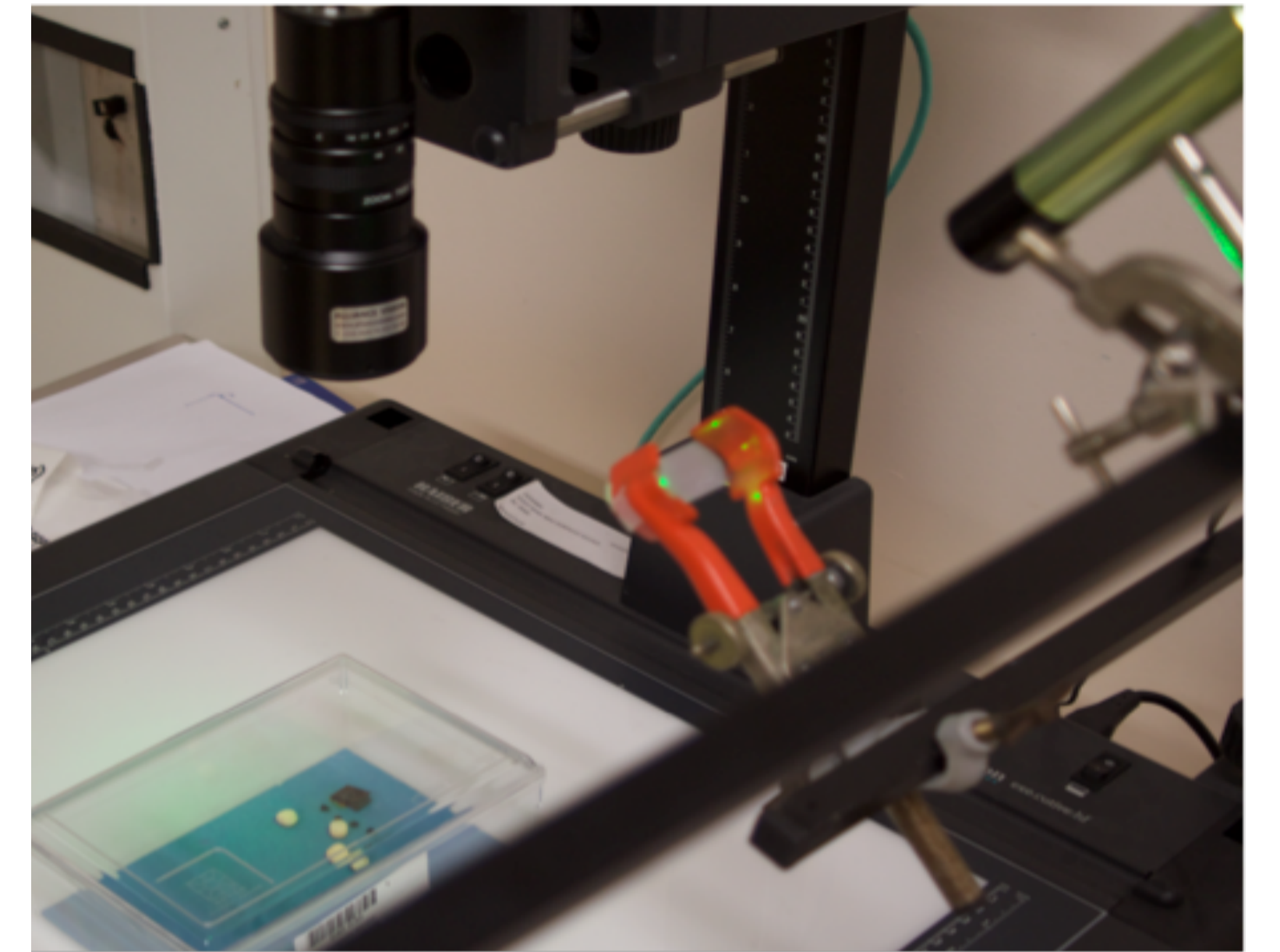
Système d'imagerie conjointe RGBS speckle et couleur

Imagerie de speckle : technique non invasive et non destructive utilisée pour la caractérisation de tissus biologiques, notamment végétal pour l'étude [6, 7] de :

- la croissance et viabilité des plantes • l'infestation par des pathogènes

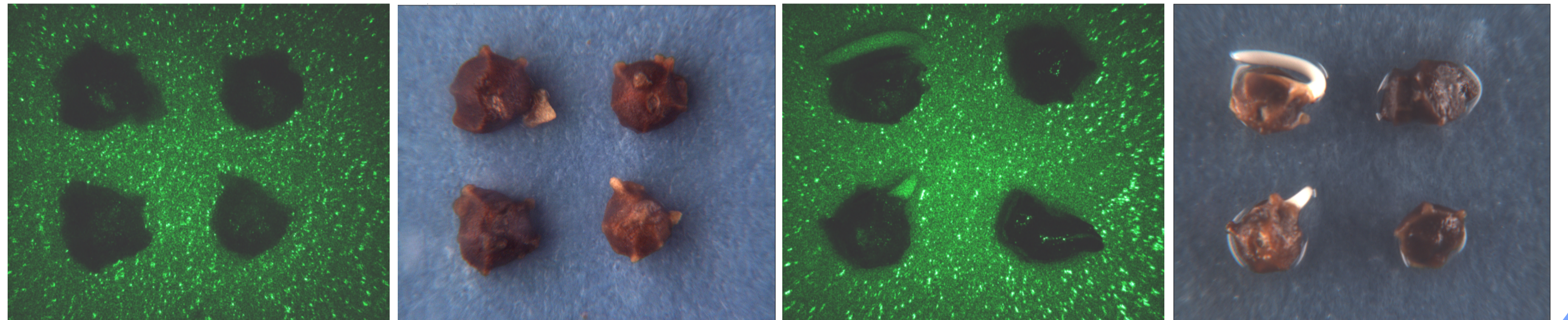
Dispositif de vision par ordinateur couplant deux modalités d'imagerie :

- speckle plein-champ
 - lumière cohérente laser vert
 - longueur d'onde 532 nm
- couleur RGB
 - lumière blanche incohérente
 - mode rétro-éclairage → masque binaire des échantillons
 - mode spéculaire → mesures colorimétriques des échantillons



- unique caméra 3x8bits de 5Mpixels
- synchronisation et pilotage par ordinateur : différentes séquences d'illumination/acquisition possibles
- séquence typique : alternance d'une acquisition de deux images RGB en lumière incohérente spéculaire, suivie de l'acquisition d'une série de N images de speckle.

Application : étude de l'imbibition des semences. Processus essentiel déclenchant le passage d'une graine sèche inerte à une plante vivante, et dont la dynamique demeure encore largement méconnue.

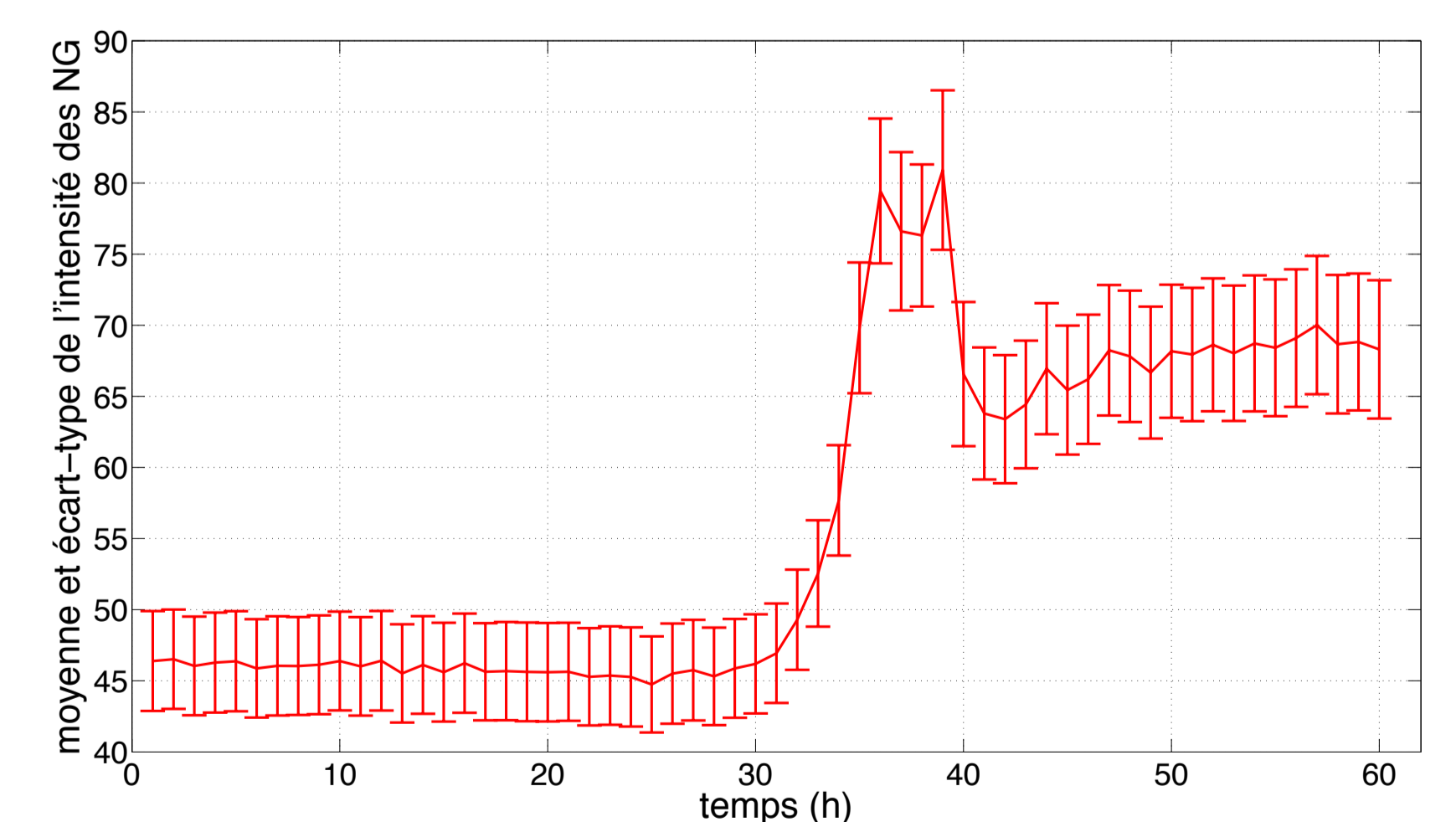
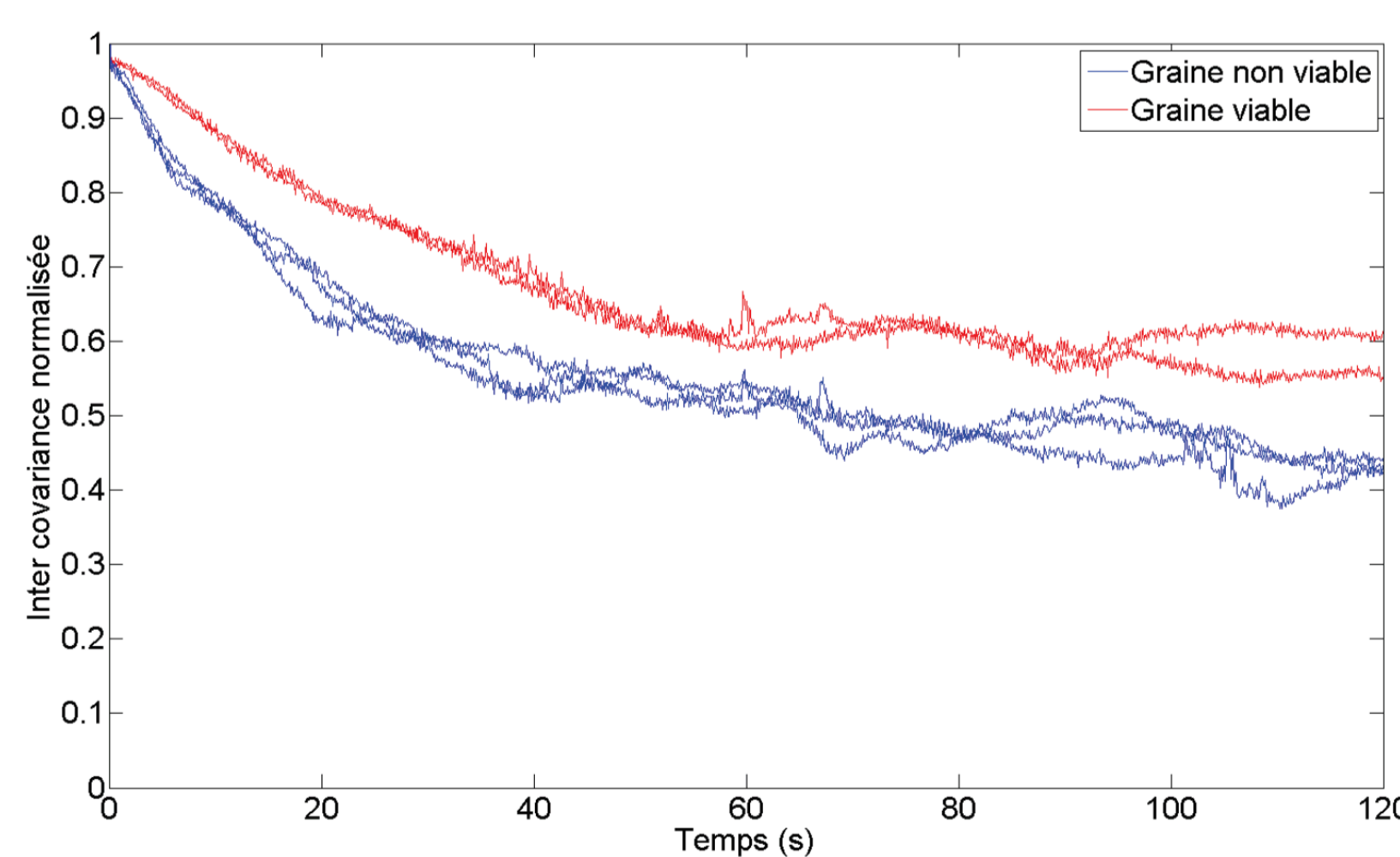
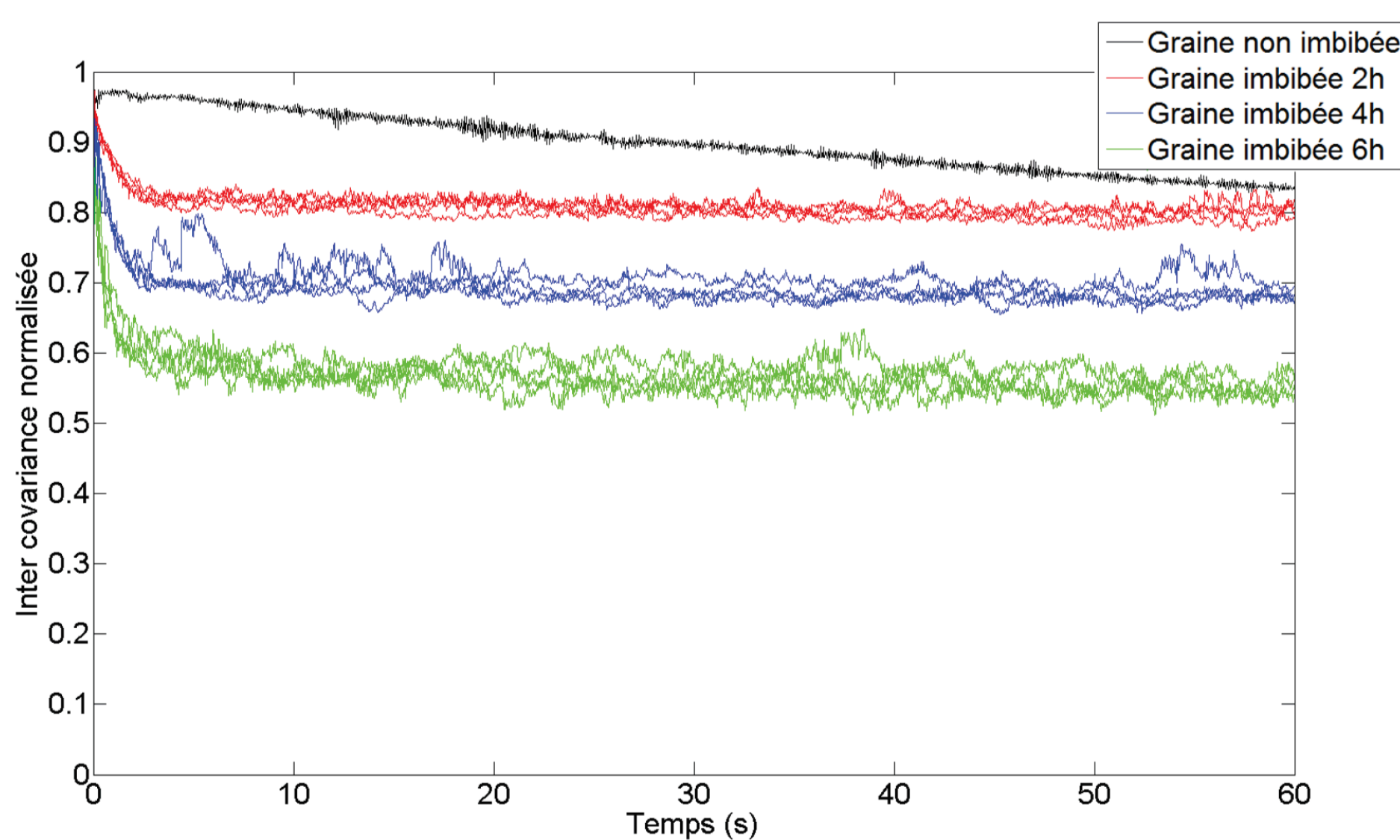


Semences de betterave de référence AWP4-1306 du programme AKER, speckle et RGB à t=0h et t=40h

Exploitations du système d'imagerie conjointe

Activité de biospeckle : à la surface des échantillons biologiques → lien avec flux d'eau entrants.

- **histogrammes du biospeckle** → sur la microstructure / microrugosité statique de la graine et son évolution en présence d'eau ;
- **intercorrélations temporelles** → sur les micromouvements et évolutions temporelles en présence d'eau → quantifiées par le calcul de l'intercovariance normalisée IN entre l'image initiale de référence et les N-1 images de la série.



Évolutions typiques de l'activité de biospeckle → informations pouvant servir à :

- une caractérisation de l'imbibition, son démarrage, intensité, durée, selon les conditions et les espèces.
- évaluation de la viabilité des semences

Changements de teinte : corrélations possibles entre les micromouvements et les changements de teinte observés lors de l'imbibition à la surface de graines de betterave selon les stades durant toute la durée de l'imbibition.

[1] M. Minervini, H. Scharf, S.A. Tsafaris, "Image Analysis: The New Bottleneck in Plant Phenotyping [Applications Corner]," *IEEE Signal Processing Magazine*, 32(4), 126-131 (2015).

[2] L. Benoit, E. Belin, D. Rousseau, F. Chapeau-Blondeau, "Une analyse informationnelle du codage trichromatique des spectres lumineux," in 24ème Colloque GRETSI sur le Traitement du Signal et des Images, Brest, France, 2013.

[3] Y. Chéné, E. Belin, D. Rousseau, F. Chapeau-Blondeau, "Analyse fractale de cartographies de profondeur issues de scènes naturelles," in 24ème Colloque GRETSI sur le Traitement du Signal et des Images, Brest, France, 2013.

[4] Y. Chéné, E. Belin, F. Chapeau-Blondeau, V. Caffier, T. Boureau, D. Rousseau, "Anatomo-functional bimodality imaging for plant phenotyping: An insight through depth imaging coupled to thermal imaging," Chap.9 in S. Dutta Gupta, Y. Ibaraki eds., *Plant Image Analysis: Fundamentals and Applications*, CRC Press, 2015.

[5] E. Belin, D. Rousseau, T. Boureau, V. Caffier, "Thermography versus chlorophyll fluorescence imaging for detection and quantification of apple scab," *Computers and Electronics in Agriculture*, 90, 159-163 (2013).

[6] D. Rousseau, C. Caredda, Y. Morille, E. Belin, F. Chapeau-Blondeau, D. Gindre, "Low-cost biospeckle imaging applied to the monitoring of seed germination," in 3rd International Workshop on Image Analysis Methods for the Plant Sciences (IAMPS), 15-16 Sept., Aberystwyth, UK, 2014.

[7] P. M. Pieczykew, A. Kurenda, A. Zdunek, A. Adamiak, "The biospeckle method for the investigation of agricultural crops: A review," *Optics and Lasers in Engineering*, vol. 52, pp. 156-158, 2014