Évolution de la végétation aquatique au lac Bromont entre 2017 et 2019

Remis à :

Action Conservation du Bassin Versant du lac Bromont

Richard Carignan

Janvier 2020

Sommaire

Deux ortho-mosaïques du lac Bromont furent acquises en septembre 2017 et 2019 au moyen d'un drone dans le but de documenter les changements ayant pu survenir dans la distribution de la végétation aquatique flottante et submergée depuis l'application de Phoslock®. L'analyse des images révèle que les superficies occupées par les plantes à feuilles flottantes (*Brasenia*, *Nuphar*, *Nymphaea*) ainsi que par une espèce exotique envahissante (*Myriophyllum spicatum*) ont connu des accroissements marqués (de 18 à 23%) depuis 2017. L'augmentation simultanée des espèces à feuilles flottantes et submergées suggère que ces dernières auraient été stimulées par une expansion de leur habitat suite à une baisse du niveau de l'eau de l'ordre 20 centimètre survenue entre 2017 et 2019, et aussi par une augmentation de la température des sédiments dans lesquels elles sont enracinées, suite à la clarification significative de la colonne d'eau en 2019.

Table des matières

Sommaire ii
Liste des figures iii
Introduction 1
Méthodes 1
Résultats 2
Discussion 3

Liste des figures

Figure 1. Ortho-mosaïque du lac Bromont acquise le 11 septembre 2017. 5
Figure 2. Ortho-mosaïque du lac Bromont acquise le 12 septembre 2019. 6
Figure 3. Localisation des agrandissements tirés de l'ortho-mosaïque 2017 présentés aux figures 5 à 33. Les isobathes sont extraites de la carte produite par le MDDELCC en 2017. Projection NAD83 MTM8. 7
Figure 4. Localisation des agrandissements tirés de l'ortho-mosaïque 2019 présentés aux figures 5 à 33. Les isobathes sont extraites de la carte produite par le MDDELCC en 2017. Projection NAD83 MTM8. 8
Figure 5. Gros plans correspondant au secteur No. 01 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes issus de la carte 2017 du MDELCC sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8. 9
Figure 6. Gros plans correspondant au secteur No. 02 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8.... 10
Figure 7. Gros plans correspondant au secteur No. 03 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8.... 11
Figure 8. Gros plans correspondant au secteur No. 04 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8.... 12
Figure 9. Gros plans correspondant au secteur No. 05 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8.... 13
Figure 10. Gros plans correspondant au secteur No. 06 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8.... 14
Figure 11. Gros plans correspondant au secteur No. 07 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8.... 15
Figure 12. Gros plans correspondant au secteur No. 08 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8.... 16
Figure 13. Gros plans correspondant au secteur No. 09 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8.... 17

Figure 14. Gros plans correspondant au secteur No. 10 (tributaire principal, voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8. 18
Figure 15. Gros plans correspondant au secteur No. 11 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8.... 19
Figure 16. Gros plans correspondant au secteur No. 12 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8.... 20
Figure 17. Gros plans correspondant au secteur No. 13 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8.... 21
Figure 18. Gros plans correspondant au secteur No. 14 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8.... 22
Figure 19. Gros plans correspondant au secteur No. 15 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (gauche) et le 12 septembre 2019 (droite). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8..... 23
Figure 20. Gros plans correspondant au secteur No. 16 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8.... 24
Figure 21. Gros plans correspondant au secteur No. 17 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8.... 25
Figure 22. Gros plans correspondant au secteur No. 18 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8.... 26
Figure 23. Gros plans correspondant au secteur No. 19 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes sont tracées en jaune. La flèche jaune indique la position des agrandissements de la figure 40. 27
Figure 24. Gros plans correspondant au secteur No. 20 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8.... 28
Figure 25. Gros plans correspondant au secteur No. 21 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8.... 29
Figure 26. Gros plans correspondant au secteur No. 22 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8.... 30
Figure 27. Gros plans correspondant au secteur No. 23 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (gauche) et le 12 septembre 2019 (droite). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8..... 31
Figure 28. Gros plans correspondant au secteur No. 24 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8.... 32
Figure 29. Gros plans correspondant au secteur No. 25 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8. Noter l'efflorescence de cyanobactéries en 2017. 33
Figure 30. Gros plans correspondant au secteur No. 26 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8.... 34
Figure 31. Gros plans correspondant au secteur No. 27 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (haut) et le 12 septembre 2019 (bas). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8.... 35
Figure 32. Gros plans correspondant au secteur No. 28 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (gauche) et le 12 septembre 2019 (droite). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8..... 36

Figure 33. Gros plans correspondant au secteur No. 29 (voir figures 3 et 4) acquis le 11 septembre 2017 (gauche) et le 12 septembre 2019 (droite). Les isobathes sont tracées en jaune. Projection NAD83 MTM8. 37
Figure 34. Cartographie des herbiers submergés dominés par le myriophylle à épi et visibles au drone (plages vertes) en septembre 2017. Projection NAD83 MTM8. 38
Figure 35. Cartographie des herbiers submergés dominés par le myriophylle à épi et visibles au drone (plages vertes) en septembre 2019. 39
Figure 36. Exemple de classification supervisée des plantes à feuilles flottantes (zone 6, 2017). 40
Figure 37. Exemple de classification supervisée des plantes à feuilles flottantes (zone 6, 2019). 40
Figure 38. Évolution du niveau au lac Bromont entre janvier 2017 et septembre 2019. 41
Figure 39. Transparence mensuelle moyenne. Les lignes rouges indiquent la période d'application de Phoslock®. 41
Figure 40. Évolution de la transparence au lac Bromont depuis 2007. La ligne rouge indique l'ajout de Phoslock®. 42
Figure 41. Agrandissements des images de la figure 23 capturées en 2017 et 2019 confirmant que le niveau du lac Bromont était 10 à 20 cm plus élevé en 2017 qu'il ne l'était en 2019. Les flèches jaunes indiquent des détails exondés et 2019 par rapport à 2017. 43
Figure 42. Hypsométrie de la cuvette du lac Bromont calculée selon la carte bathymétrique produite en 2017 par le MDDELCC. Cette courbe indique qu'un abaissement de niveau de 20 centimètres augmenterait la surface colonisable par les macrophytes d'environ 7 200 m^2. Cette augmentation correspond approximativement à l'augmentation de surface occupée par les feuilles flottantes entre 2017 et 2019. 44

Introduction

Entre le 26 octobre et le 4 novembre 2017, 174 tonnes de Phoslock® (une bentonite enrichie de lanthane) furent appliquées au lac Bromont dans le but limiter le développement des cyanobactéries en séquestrant de façon permanente le phosphore biodisponible de la colonne d'eau et des sédiments superficiels. Parmi les autres effets attendus du traitement au Phoslock®, la clarification de la colonne devrait éventuellement altérer sa stratification thermique, chimique et biologique. Cette augmentation de la transparence devrait aussi favoriser les plantes aquatiques à feuilles submergées en augmentant la pénétration lumineuse. En particulier, l'abondance d'une espèce exotique envahissante, le myriophylle à épi (*Myriophyllum spicatum L.*), connue pour ses effets négatifs sur la biodiversité des écosystèmes aquatiques, devrait augmenter.

Pour cette raison, il a été jugé nécessaire de documenter l'effet du traitement au Phoslock® sur la répartition et l'abondance des macrophytes avant et après son application au lac Bromont. Ce document illustre et explique les principaux changements survenus depuis 2017 dans l'organisation des communautés de macrophytes.

Méthodes

Le 11 septembre 2017 et le 12 septembre 2019, des photos verticales géoréférencées furent acquises le matin au lac Bromont à une élévation de 70 mètres (2017) et 65 mètres (2019), au moyen de drones DJI Phantom 4 (2017) et DJI Phantom 4 Pro (2019) opérant sous certificat d'opération de Transports Canada (EB1917643368). En 2017, les conditions météorologiques étaient idéales (ciel clair, vent nul), alors qu'un couvert nuageux et un léger vent prévalaient en 2019.

Les images furent traitées et assemblées en ortho-mosaïques continues géoréférencées (NAD 83 MTM8) au moyen du logiciel Pix4D Mapper Pro. Sur ces images, l'erreur de positionnement des mosaïques est généralement inférieure à un mètre, même en l'absence de points de contrôle précis saisis au sol. Les ortho-mosaïques furent ensuite découpées en 29 secteurs illustrant la zone littorale entière du lac. Les images issues de découpage montreront un décalage de positionnement entre 2017 et 2019 pouvant atteindre trois mètres à certains endroits. Cette erreur n'aura aucune incidence sur les résultats présentés plus bas. Cependant, afin de réduire le décalage géographique à seulement quelques centimètres, il sera toujours possible de saisir

ultérieurement quelques points de contrôle (rochers, coins d'édifices) au moyen d'un GNSS précis et de réassembler les mêmes images[1] avec le logiciel Pix4D Mapper Pro.

La superficie occupée par les plantes aquatiques à feuilles flottantes fut déterminée après une classification supervisée des images RGB selon un algorithme « Maximum Likelihood » (ArcMap 10.7.1). Les herbiers de myriophylle à épi (*Myriophyllum spicatum*), généralement submergés, n'offraient pas un contraste suffisant pour être exactement quantifiables par classification supervisée. Ces derniers furent plutôt délimités visuellement à l'écran et les polygones quantifiés par géomatique.

Les données de transparence saisies entre 2017 et 2019 ont été fournies par Elisabeth Tellier (ACBVLB) et celles mesurées durant la période de croissance (15 mai au 15 septembre) ont été comparées par analyse de variance (ANOVA, Statgraphics Centurion) afin de détecter les différences significatives entre les années.

Résultats

Représentation cartographique de la végétation aquatique. Les ortho-mosaïques acquises en 2017 et 2019 sont présentées aux figures 1 et 2. À l'échelle du lac entier, les changements survenus dans la distribution de la végétation aquatique à feuilles flottantes et submergées sont difficilement perceptibles. Afin d'apprécier ces changements, la ceinture de végétation a été subdivisée en 29 secteurs représentés aux figures 3 et 4 et illustrés aux figures 5 à 33.

Changements survenus entre 2017 et 2019. L'examen des figures 5 à 33, sur lesquelles ont été superposées les isobathes, révèle tout d'abord que jusqu'à une profondeur d'environ trois mètres, l'importance des plantes aquatiques entre dépend fortement de la pente des sédiments. Les couvertures maximales sont observées là où la pente est inférieure à environ 15% et permet l'accumulation de sédiments fins riches en éléments nutritifs. Entre 2017 et 2019, les herbiers dominés par le myriophylle à épi ont connu une progression marquée, passant de 16 670 m^2 à 19 600 m^2 (figures 34 et 35) correspondant à une augmentation de 2 930 m^2 ou 18%. Alors qu'en 2017 les herbiers de myriophylle à épi arrivaient à peine jusqu'à la surface de l'eau, une grande partie de ceux-ci fleurissaient abondamment en 2019, tel que montré par les taches de couleur brun-clair sur les images 2019 des figures 5, 8, 18 à 22, 27, 28 et 33.

L'analyse des ortho-mosaïques par classification supervisée des pixels a permis de mesurer avec précision la superficie occupée par l'ensemble des feuilles flottantes dues principalement à quatre espèces reconnaissables à une élévation de 70 mètres, soient la brasénie de Schreber, le grand nénuphar jaune, la nymphée odorante et le potamot à larges feuilles. Un exemple de cette classification est fourni aux figures 36 et 37. Pour le lac entier, la superficie totale des feuilles flottantes est passée de 26,500 m^2 en 2017 à 32,600 m^2 en 2019, pour une augmentation de

[1] Une clé USB contenant les 3543 orthophotographies acquises en 2017 et 2019 accompagne ce rapport.

6 100 m^2 ou 23%. Les figures 5 à 33 révèlent qu'entre 2017 et 2019, les superficies occupées par les colonies de brasénie de Schreber, de grand nénuphar jaune et de nymphée odorante ont considérablement augmenté alors que les colonies de potamot à larges feuilles sont devenues moins apparentes.

Évolution de la transparence entre 2017 et 2019. L'analyse de variance montre que la transparence de la colonne d'eau n'a pas changé significativement entre 2017 et l'année qui a suivi le traitement au Phoslock® (2018). Cependant, des augmentations significatives sont observées entre 2018 et 2019, et entre 2017 et 2019. Ainsi, durant la période de croissance des plantes aquatiques, la transparence moyenne aurait augmenté d'environ 50 centimètres entre 2018 et 2019.

Discussion

Un développement accru des macrophytes submergées pourrait survenir suite à la clarification anticipée de la colonne d'eau après l'application de Phoslock®. Au lac Bromont, la présence de myriophylle à épi pourrait permettre à cette espèce exotique envahissante d'augmenter son emprise sur la zone littorale. Un tel effet pourrait donc constituer une conséquence indésirable du traitement au Phoslock®. Quant à elles, les espèces à feuilles flottantes ne devraient pas être affectées directement car une clarification éventuelle de l'eau car cela n'aurait aucune incidence sur la quantité de lumière qu'elles peuvent capter. Cependant, une augmentation de la transparence aura aussi une incidence sur la température estivale de la colonne d'eau et celle des sédiments situés entre 1 et 3 mètres de profondeur, affectant ainsi le métabolisme des racines des plantes aquatiques en général.

Les figures 5 à 36 montrent non seulement une augmentation du myriophylle à épi, mais aussi des plantes à feuilles flottantes entre 2017 et 2019. Cette augmentation générale des macrophytes pourrait être attribuable à trois causes :

1- Une diminution du niveau du lac Bromont survenue entre 2017 et 2018 aurait pu étendre les superficies colonisables à la fois par les plantes à feuilles flottantes et à feuilles submergées.
2- La clarification de la colonne d'eau aurait pu causer une altération de la stratification thermique et une augmentation de la température des sédiments où s'enracinent les macrophytes à feuilles flottantes ou submergées, stimulant ainsi leur métabolisme. L'ACBVLB dispose de toutes les données de température qui permettraient de vérifier cette hypothèse.
3- La présence de Phoslock® dans les sédiments superficiels aurait pu augmenter la biodisponibilité de l'azote et du phosphore, stimulant ainsi la croissance des macrophytes enracinées. Cette cause est peu probable car les macrophytes suivis s'enracinent tous à une profondeur supérieure à la zone affectée par la présence de Phoslock®.

Malheureusement, la série de mesures du niveau enregistrée au barrage du lac Bromont entre janvier 2017 et septembre 2019 ne contient aucune donnée entre le 12 avril 2017 et le 1er juin 2018 (figure 38) et ne permet pas de confirmer l'hypothèse d'une baisse de niveau entre 2017 et 2019.

Toutefois, deux images montrant le même rocher et capturées au drone lors de l'acquisition des ortho-mosaïques en 2017 et 2019 (figure 41) confirment que le niveau du lac était environ 10 à 20 cm plus élevé en 2017 qu'il ne l'était en 2019. D'autre part, les données de transparence mesurées par l'ACBVLB entre 2017 et 2019 (figures 39 et 40) ne montrent pas de tendance significative entre 2017 et 2018. Cependant, l'analyse de variance montre des différences significatives entre 2018 et 2019, et 2017 et 2019. Ces observations suggèrent qu'en 2019, les plantes à feuilles flottantes et les plantes à feuilles submergées avaient accès à une plus grande superficie d'habitat exploitable par rapport à 2017 et que la température des sédiments dans lesquels elles sont enracinées aurait pu augmenter.

La carte bathymétrique produite par le MDDELCC en 2017 permet d'estimer quel serait l'impact d'une baisse de niveau de l'ordre de 20 cm sur la croissance des macrophytes. Dans le cas des macrophytes à feuilles flottantes, en 2017, les colonies de nénuphars et de nymphées étaient bien développées jusqu'à une profondeur d'environ 1,2 mètres alors que la brasénie pouvait occuper les profondeurs inférieures à environ 2,0 mètres. En supposant que les nénuphars et les nymphées peuvent coloniser s'enraciner dans les sédiments lorsque la profondeur de la colonne d'eau ne dépasse pas un mètre, la courbe hypsométrique de la figure 42 nous apprend qu'une diminution de niveau de 20 centimètres rendrait environ 7 200 m^2 de nouveaux sédiments accessibles à ces plantes. Or, cette superficie est semblable à l'augmentation de superficie entre 2017-2019 (6 100 m^2) estimée plus haut par classification supervisée (figures 36 et 37) pour les plantes à feuilles flottantes. Le même raisonnement s'applique à l'augmentation de superficie (2 930 m^2) occupée par le myriophylle à épi entre 2017 et 2019. Ces calculs supposent évidemment que la baisse de niveau de l'ordre de 20 centimètres au lac Bromont n'a pas provoqué de perte d'habitat comparable près de la ligne de rivage, c'est à dire que la forme du profil de la profondeur en fonction de la distance du rivage est légèrement concave.

En conclusion, les images capturées au drone montrent que les changements importants sont survenus dans la distribution des plantes aquatiques au lac Bromont entre 2017 et 2019. Ces changements pourraient être attribuables non seulement à une variation de niveau survenue entre 2007 et 2019, mais aussi à une augmentation température des sédiments littoraux suite à l'augmentation de transparence de la colonne d'eau notée en 2019.

FIGURE 1. ORTHO-MOSAÏQUE DU LAC BROMONT ACQUISE LE 11 SEPTEMBRE 2017.

FIGURE 2. ORTHO-MOSAÏQUE DU LAC BROMONT ACQUISE LE 12 SEPTEMBRE 2019.

FIGURE 3. LOCALISATION DES AGRANDISSEMENTS TIRÉS DE L'ORTHO-MOSAÏQUE 2017 PRÉSENTÉS AUX FIGURES 5 À 33. LES ISOBATHES SONT EXTRAITES DE LA CARTE PRODUITE PAR LE MDDELCC EN 2017. PROJECTION NAD83 MTM8.

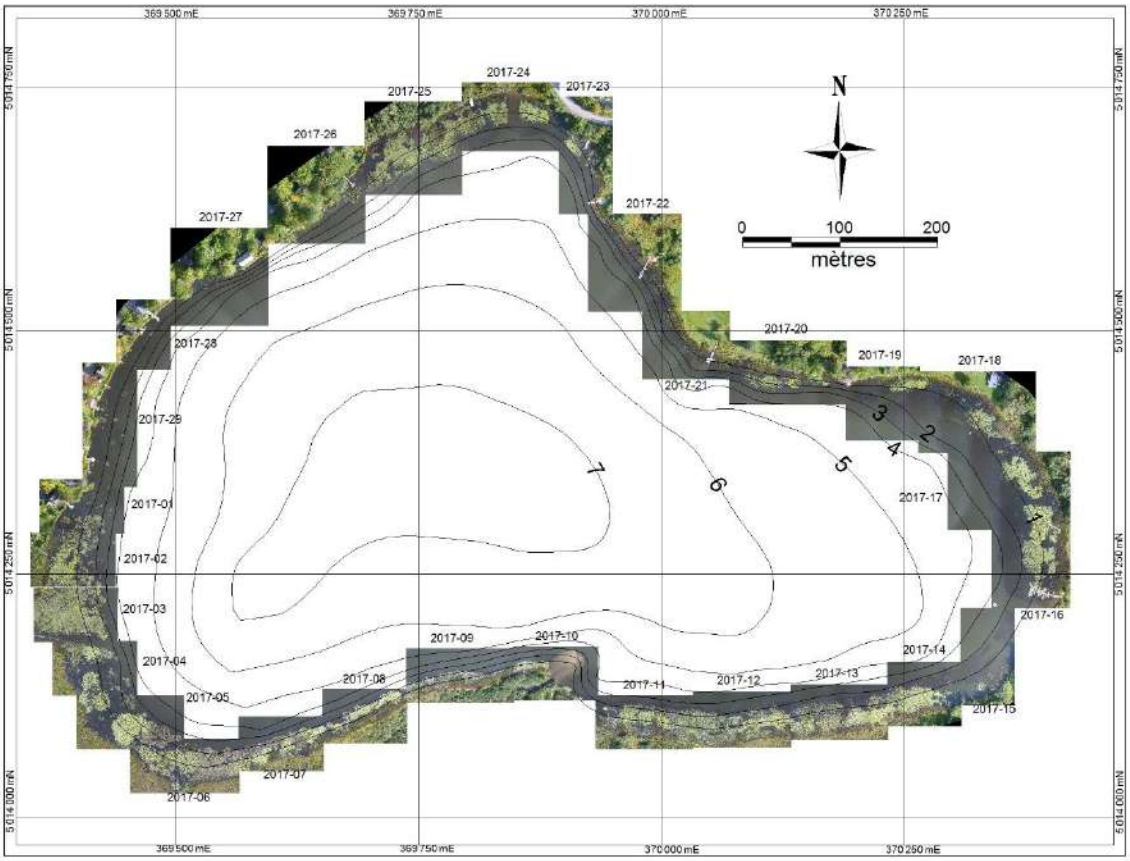


FIGURE 4. LOCALISATION DES AGRANDISSEMENTS TIRÉS DE L'ORTHO-MOSAÏQUE 2019 PRÉSENTÉS AUX FIGURES 5 À 33. LES ISOBATHES SONT EXTRAITES DE LA CARTE PRODUITE PAR LE MDDELCC EN 2017. PROJECTION NAD83 MTM8.

FIGURE 5. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 01 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES ISSUS DE LA CARTE 2017 DU MDELCC SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.

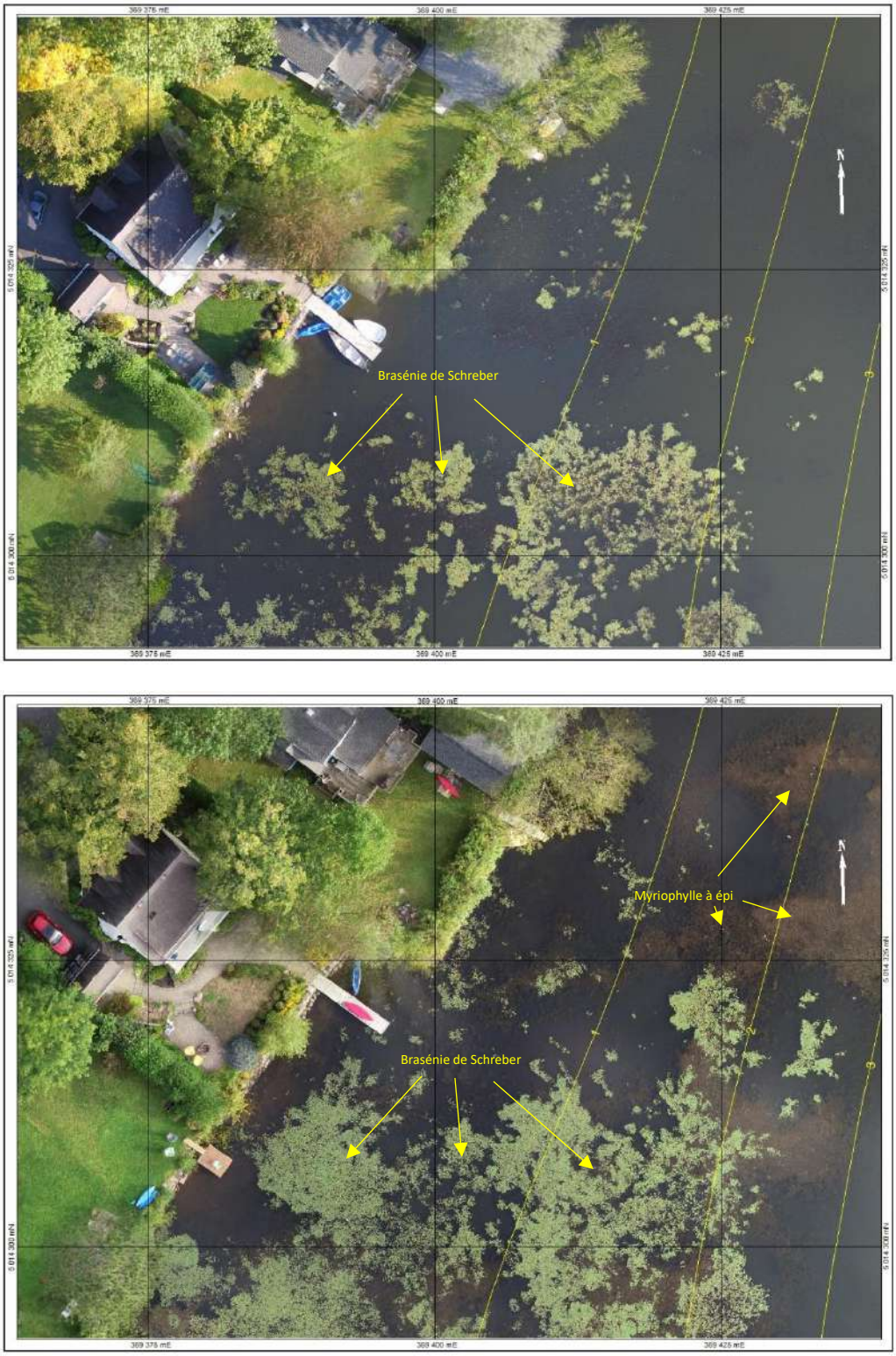


FIGURE 6. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 02 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.

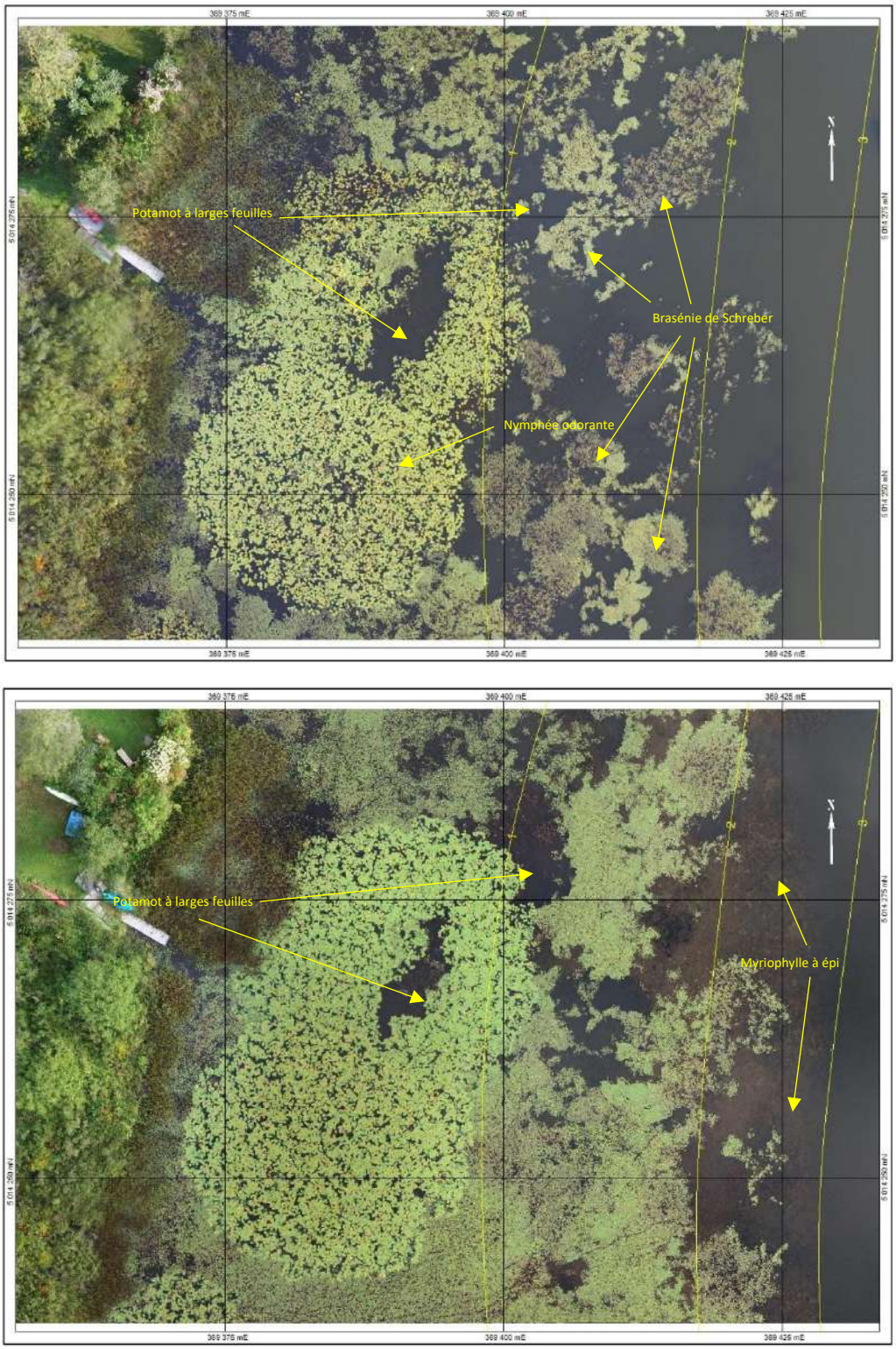


FIGURE 7. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 03 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.

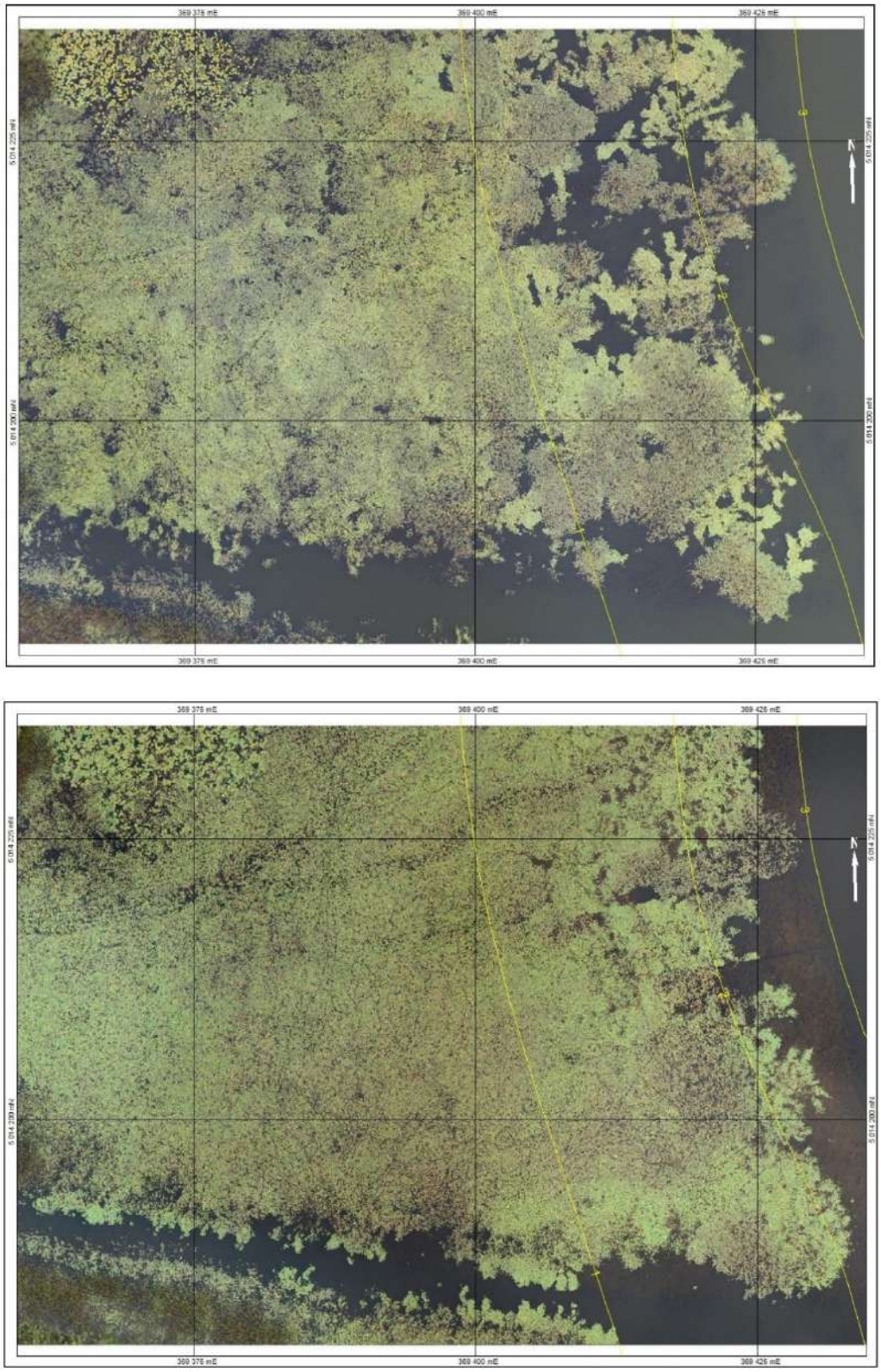


FIGURE 8. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 04 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.

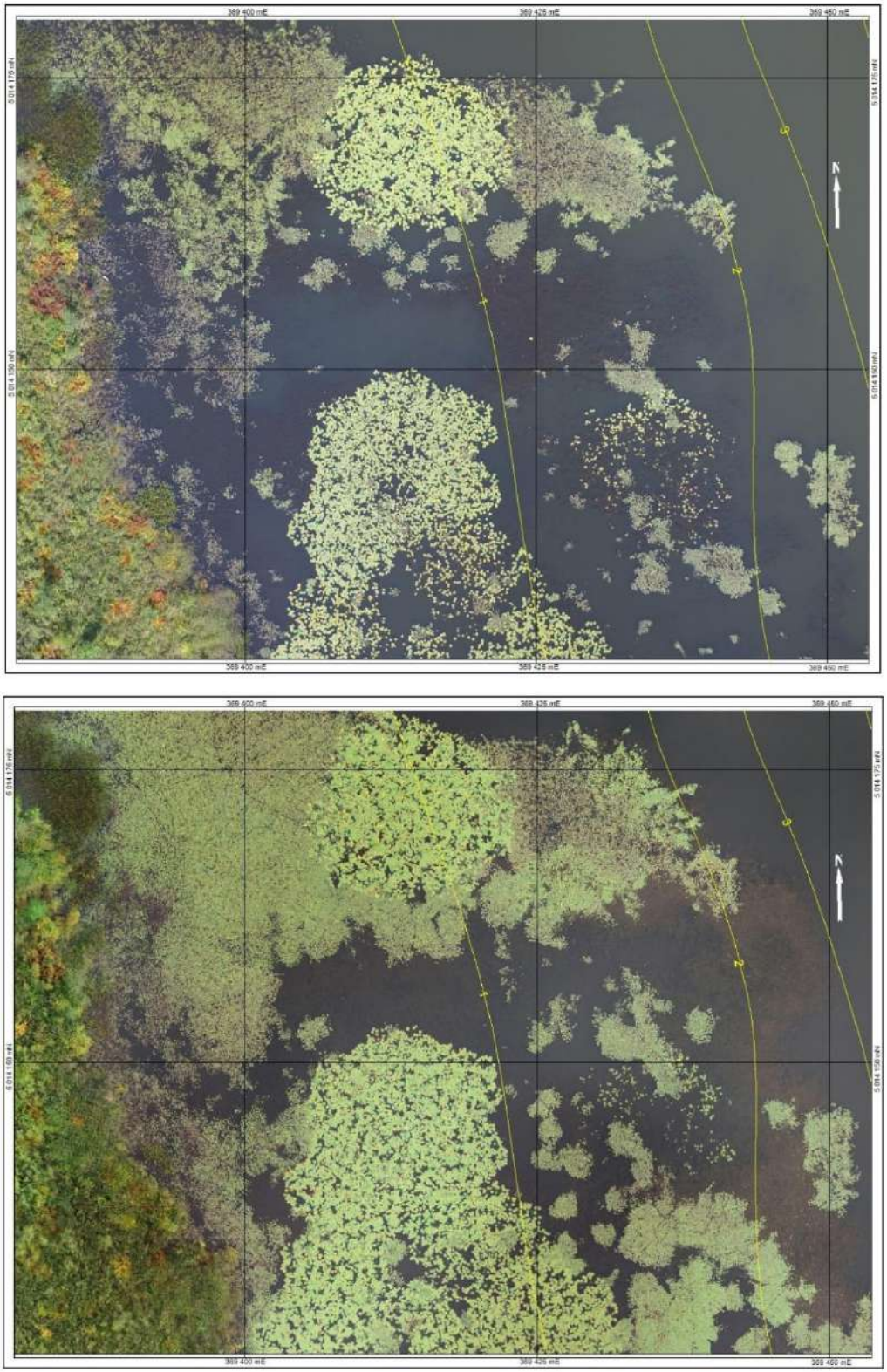
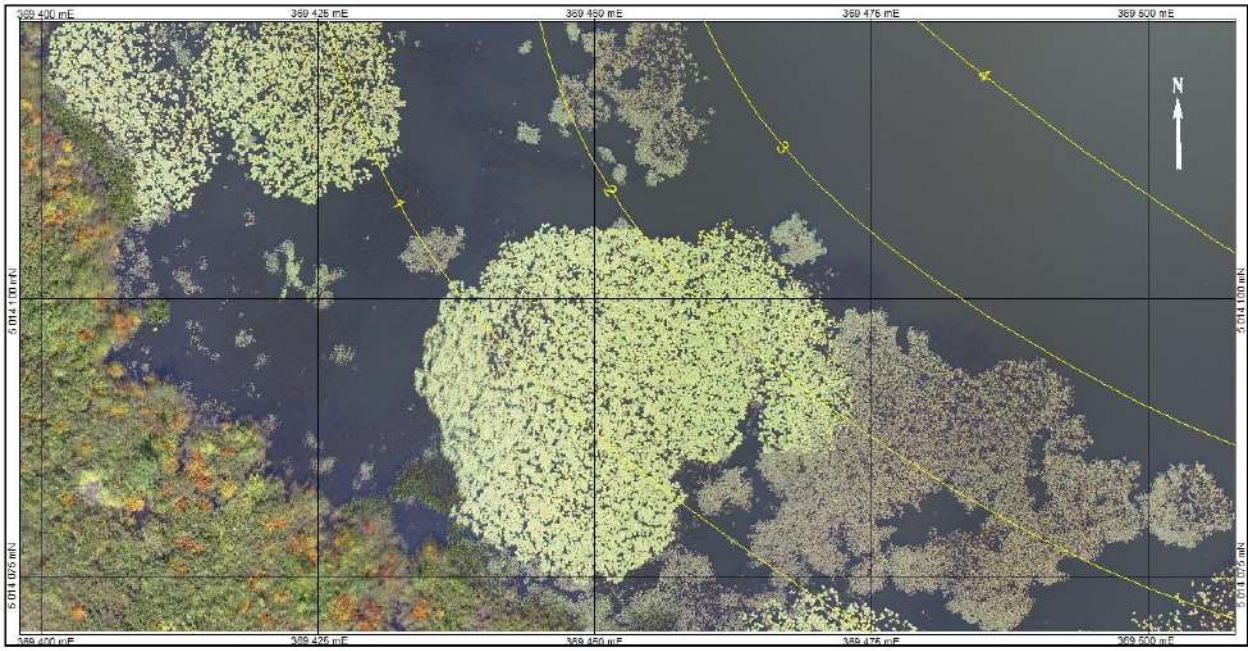


FIGURE 9. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 05 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.



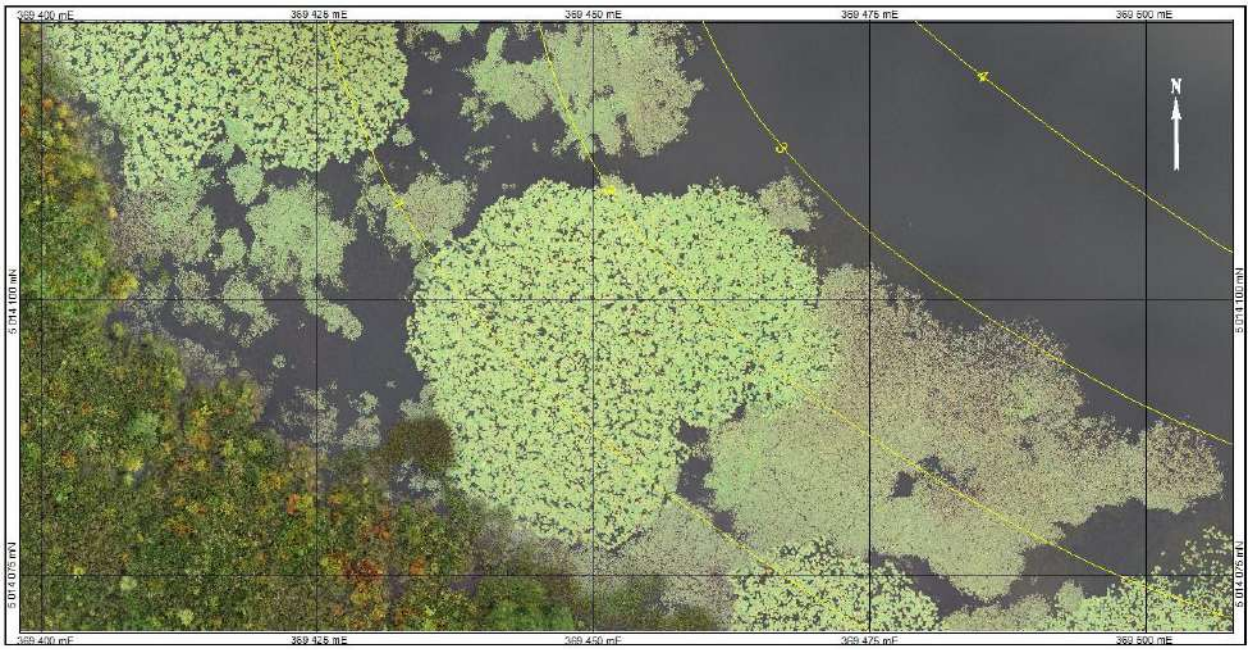


FIGURE 10. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 06 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.

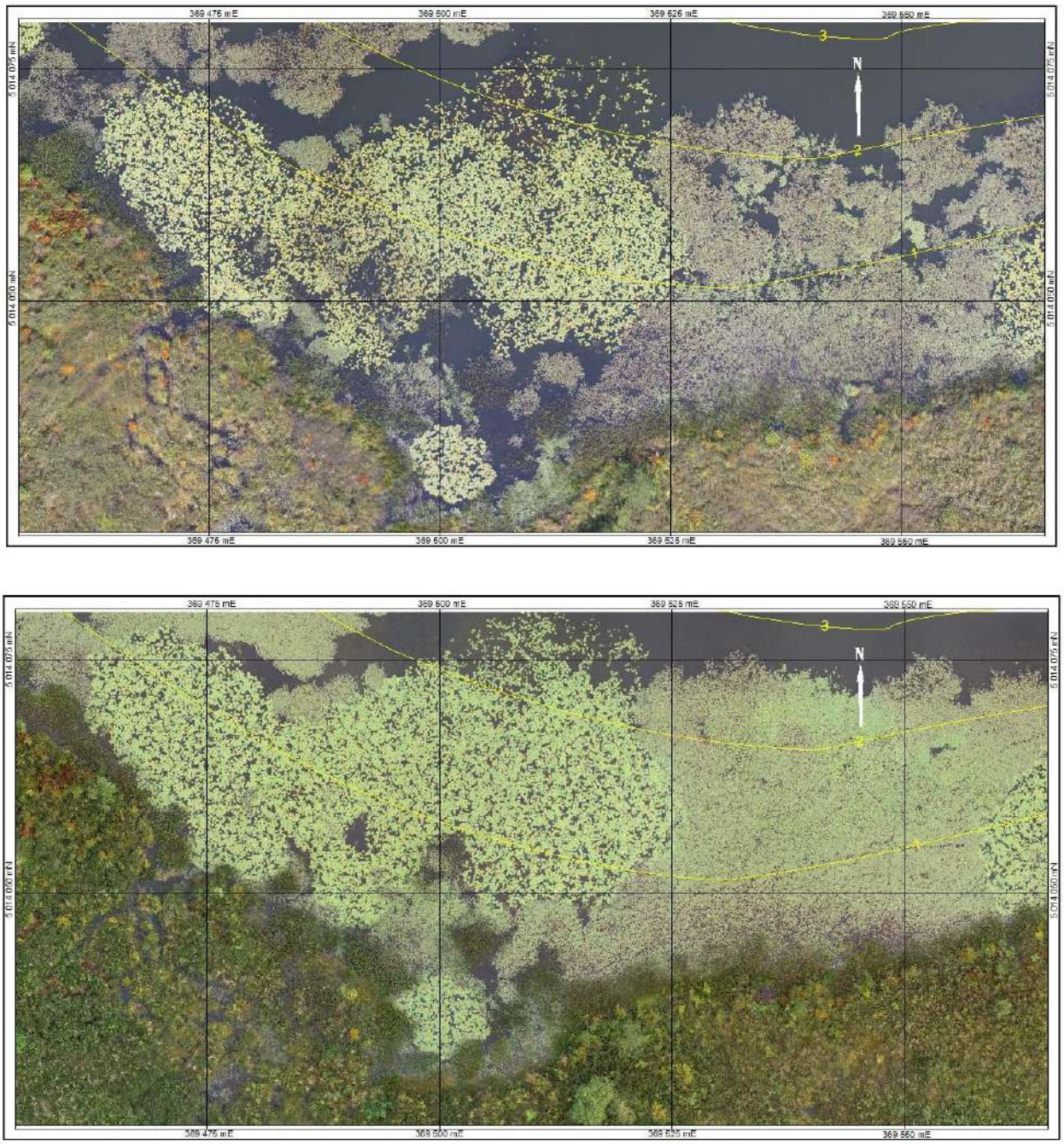


FIGURE 11. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 07 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.

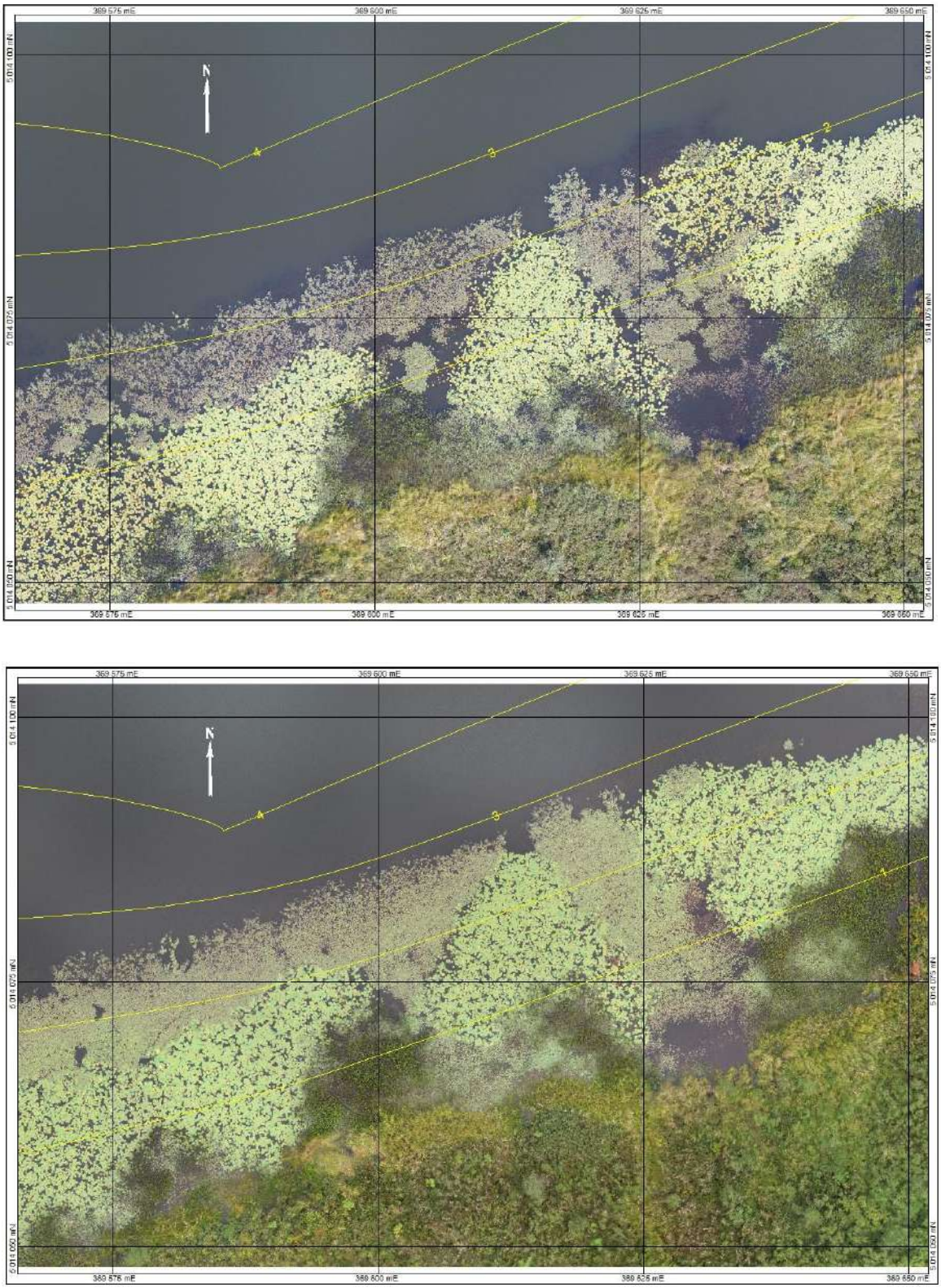


FIGURE 12. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 08 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.

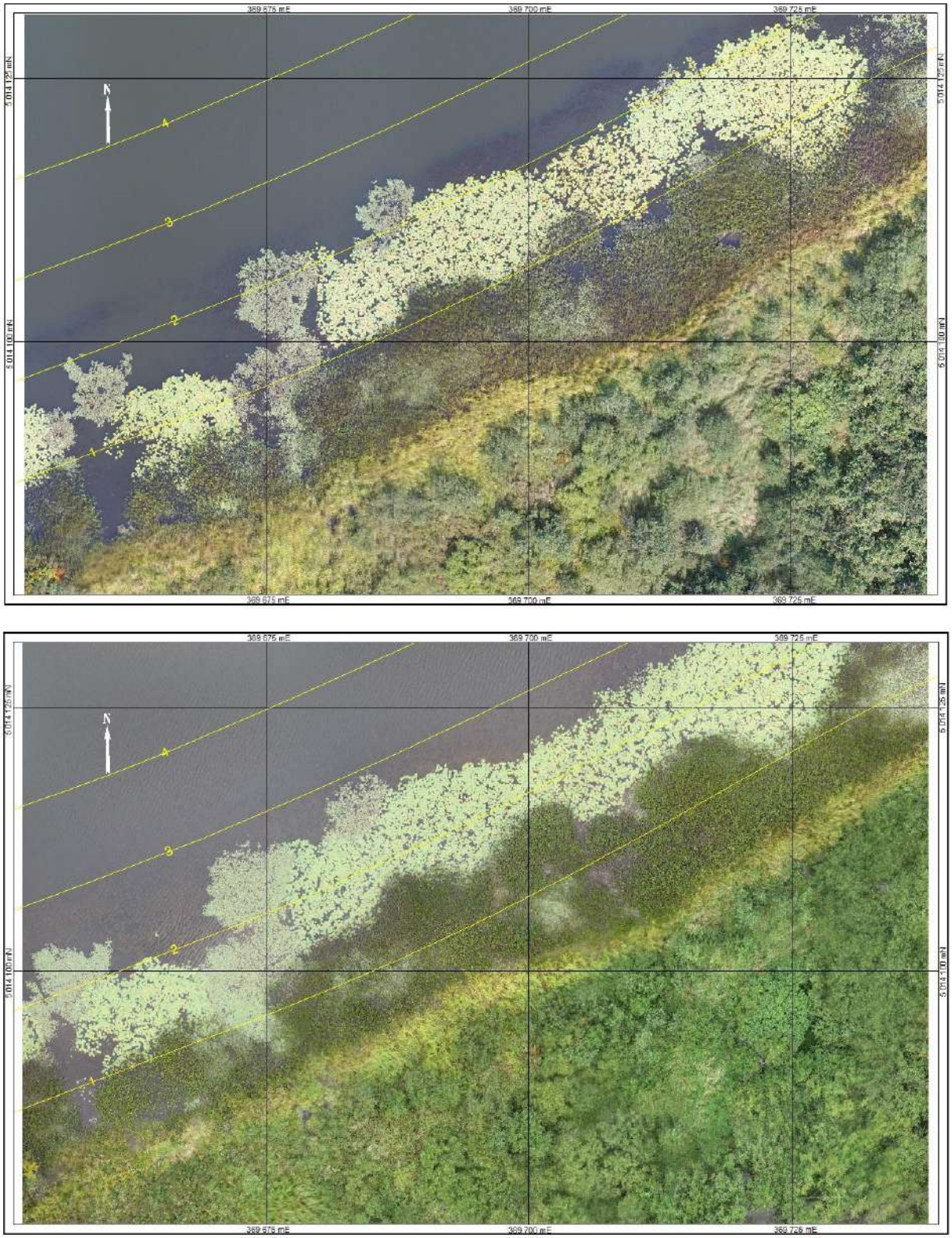
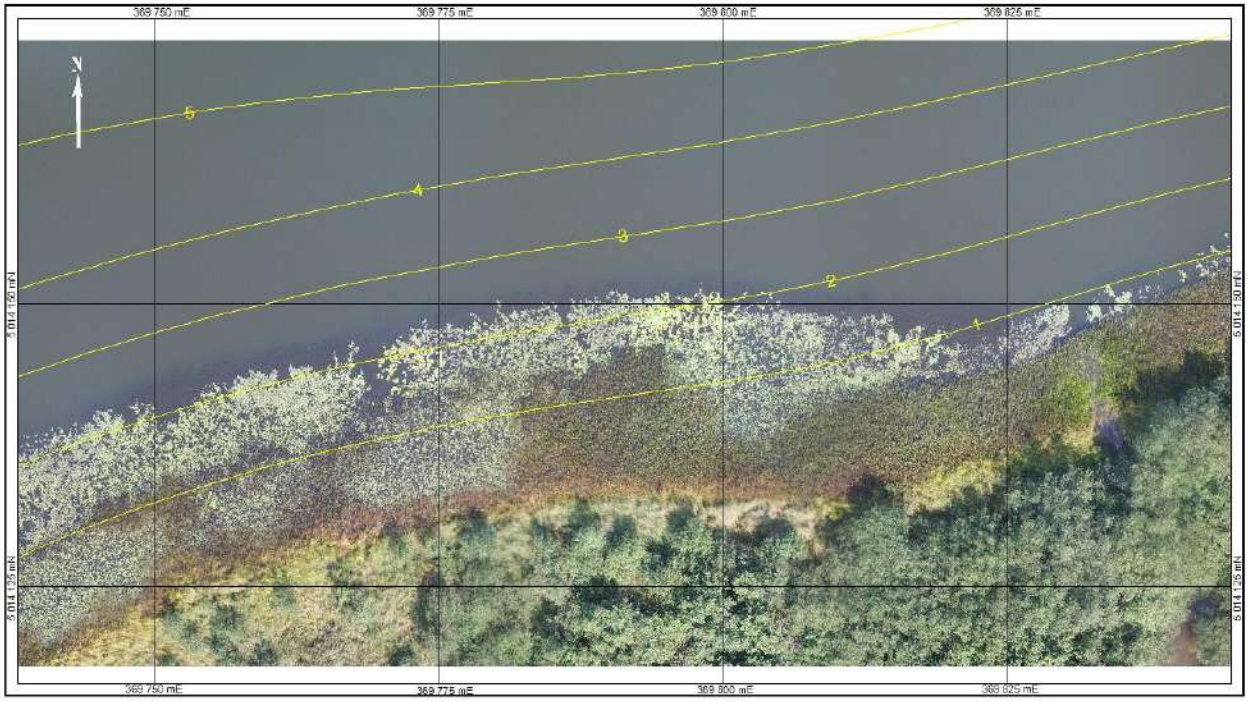


FIGURE 13. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 09 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.



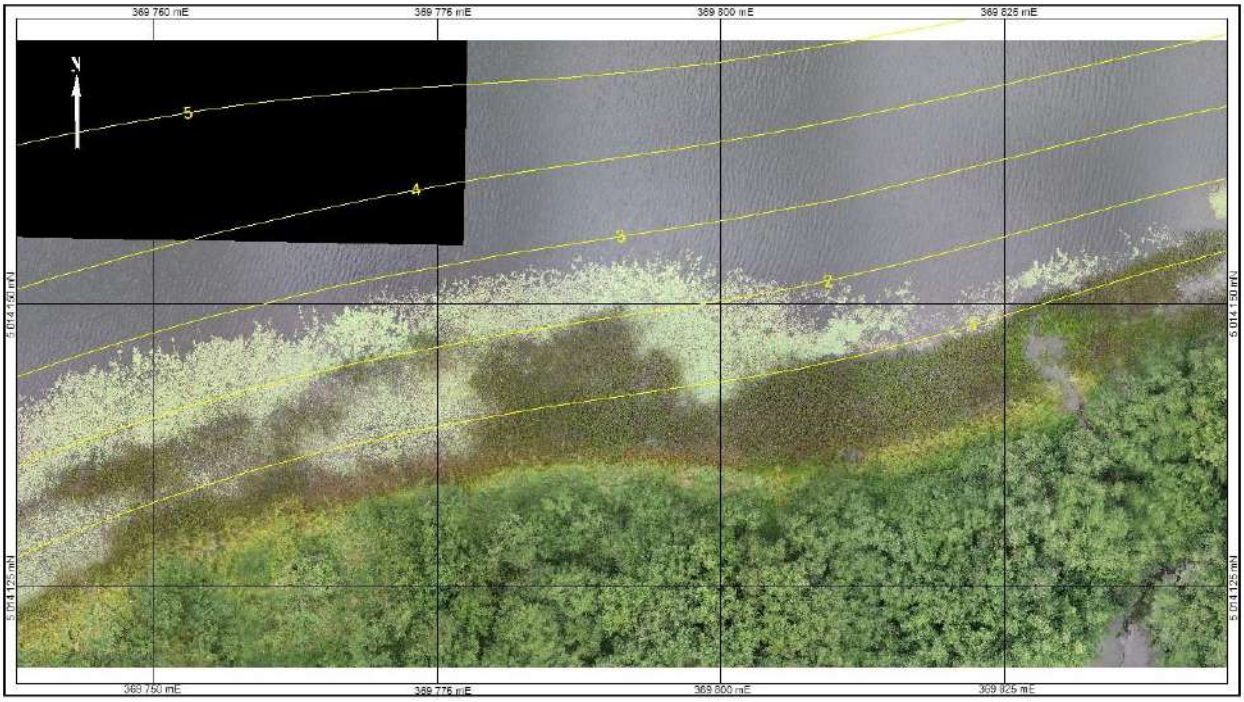


FIGURE 14. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 10 (TRIBUTAIRE PRINCIPAL, VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.

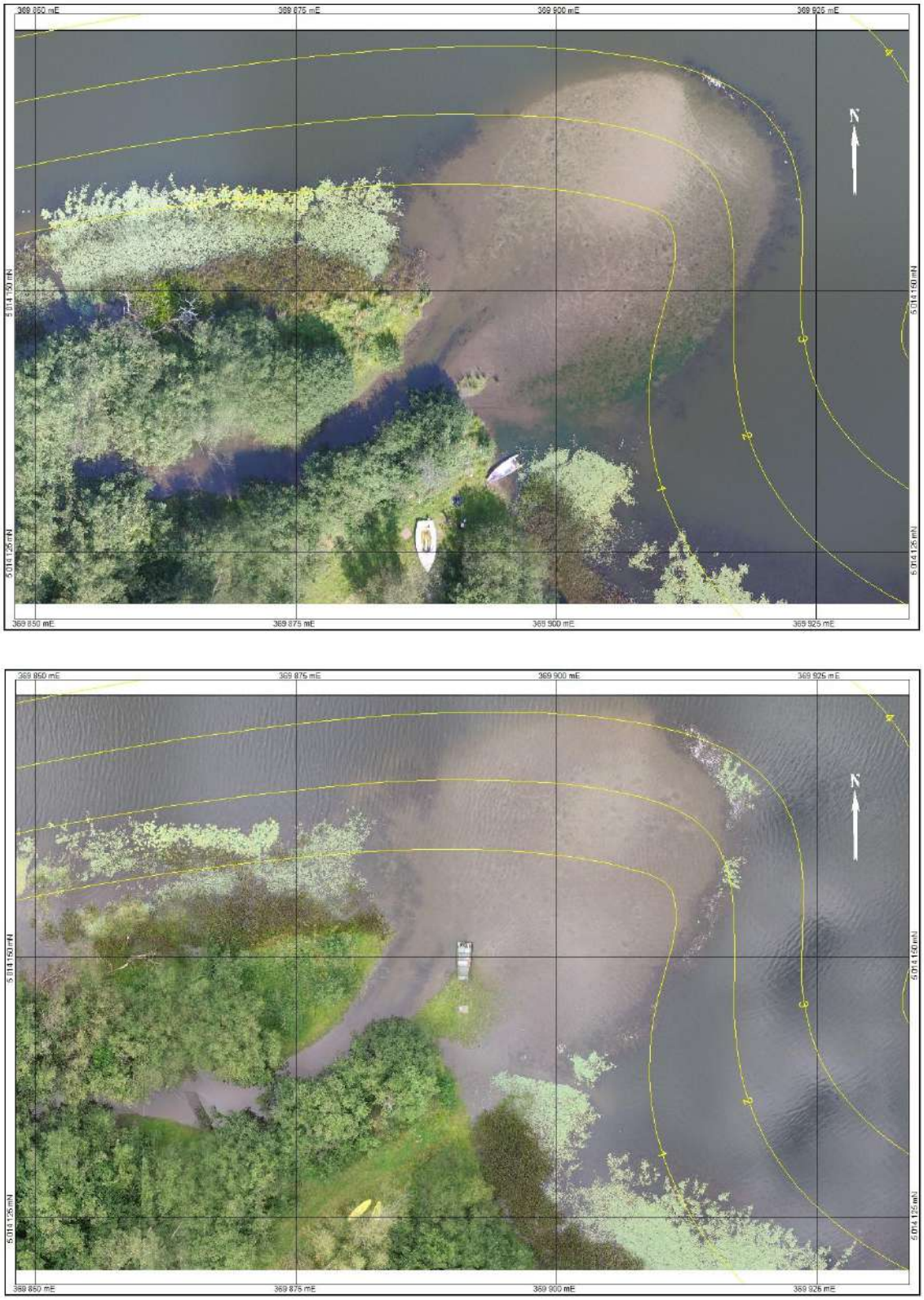


FIGURE 15. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 11 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.

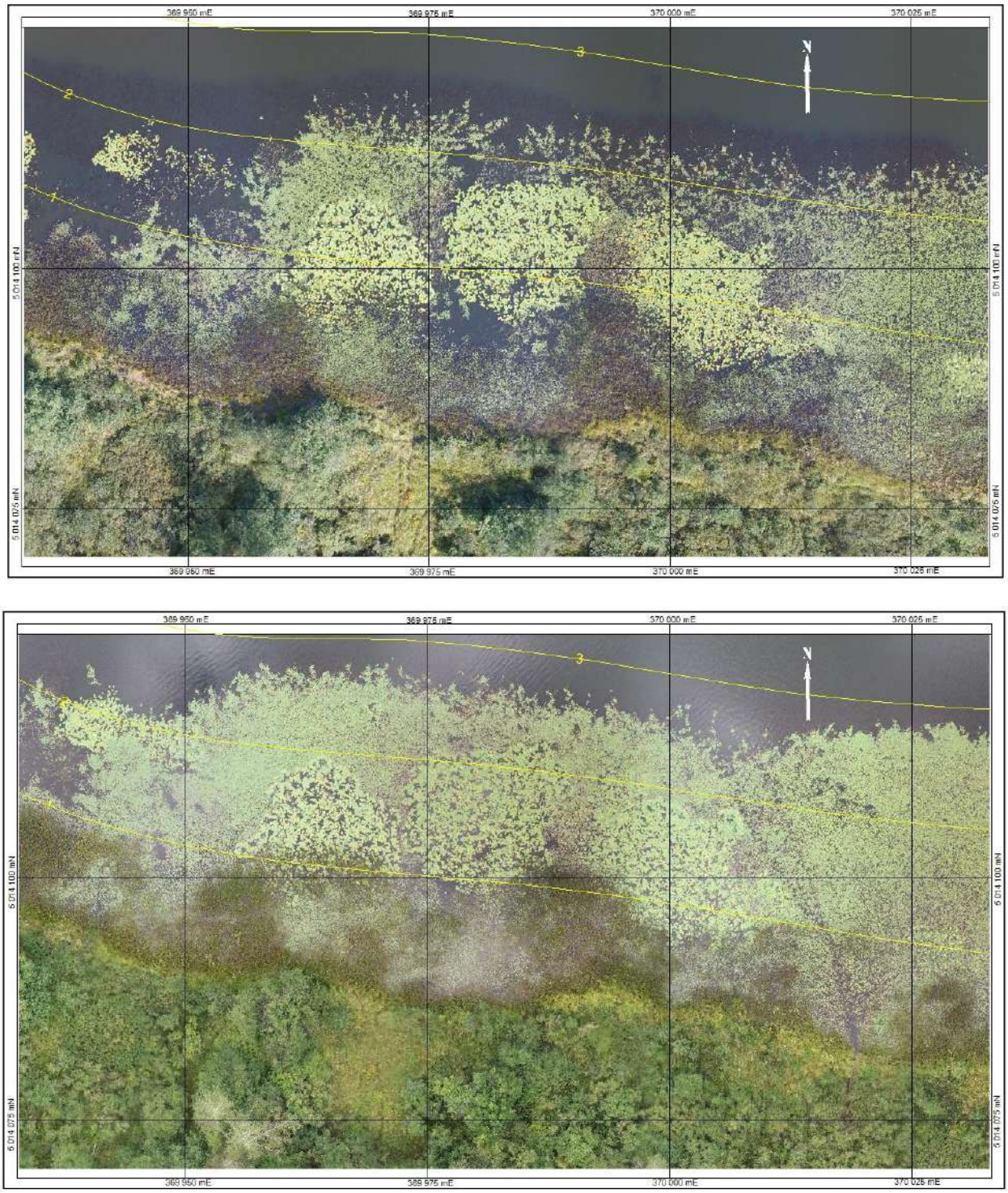
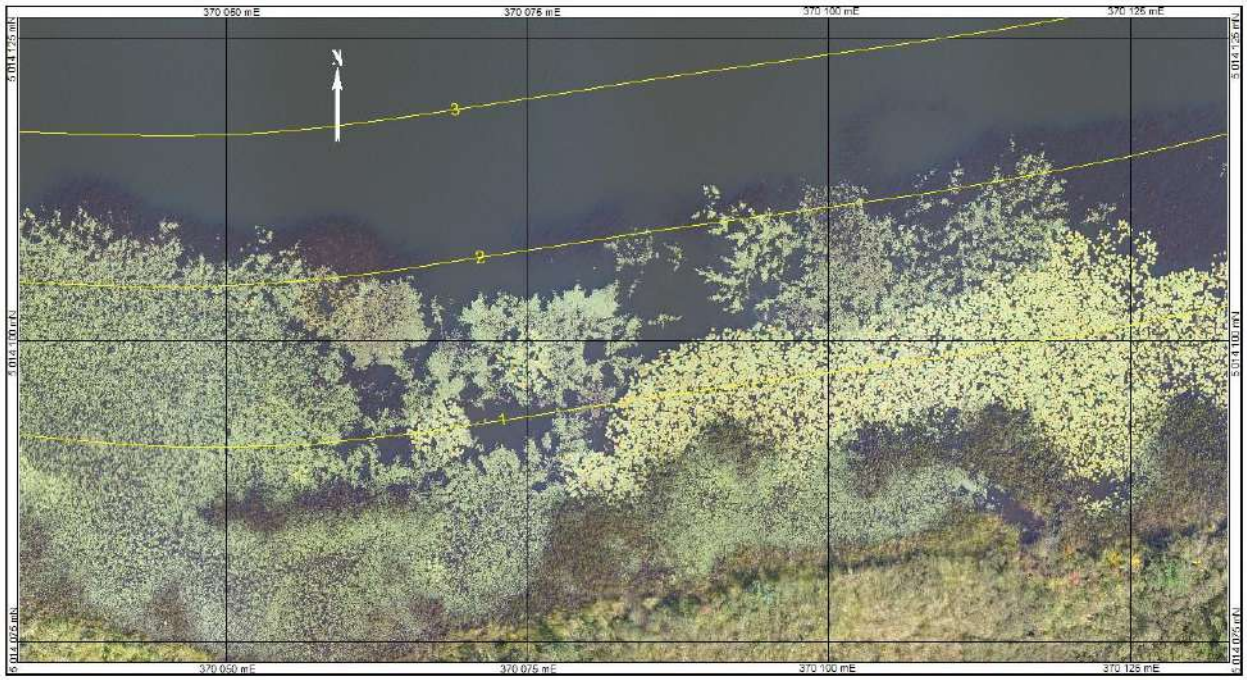


FIGURE 16. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 12 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8



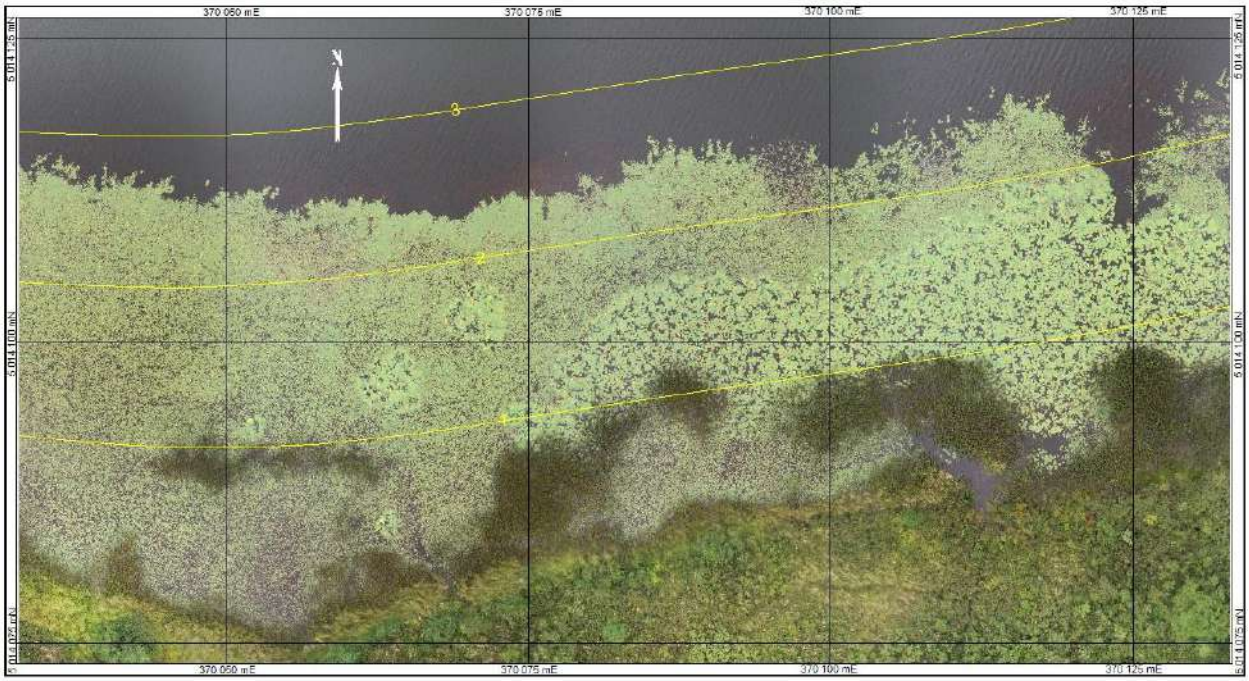
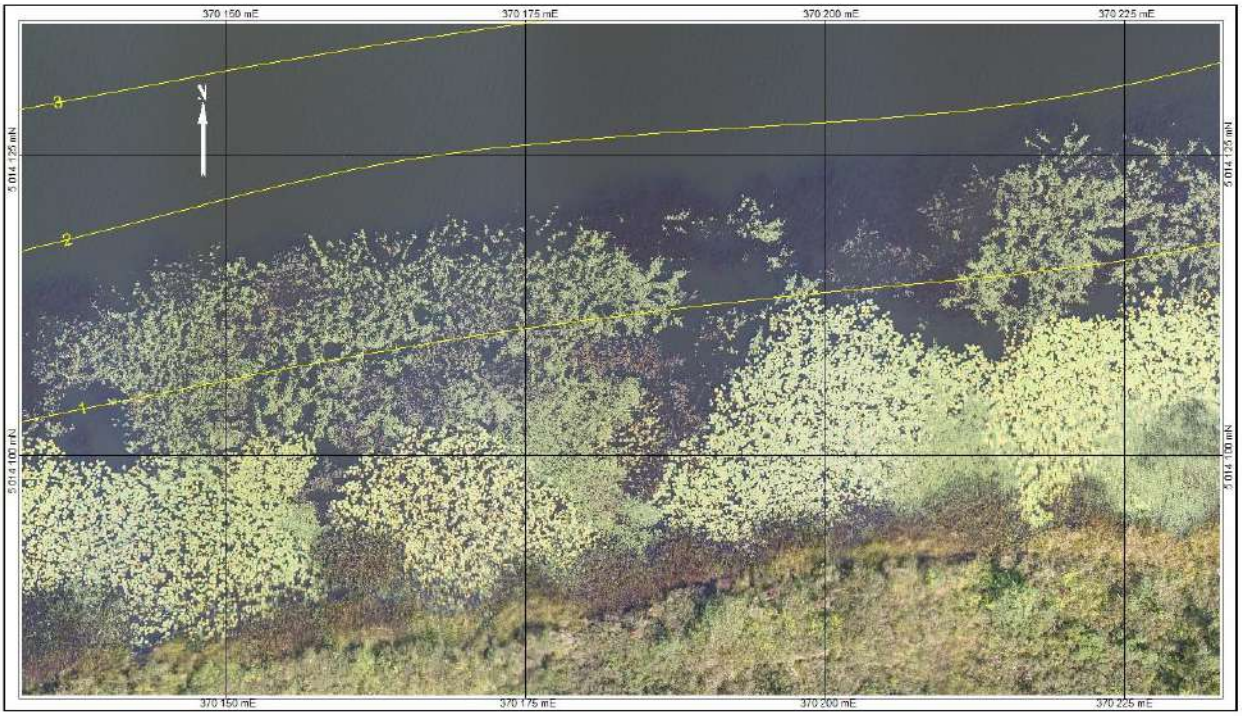


FIGURE 17. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 13 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.



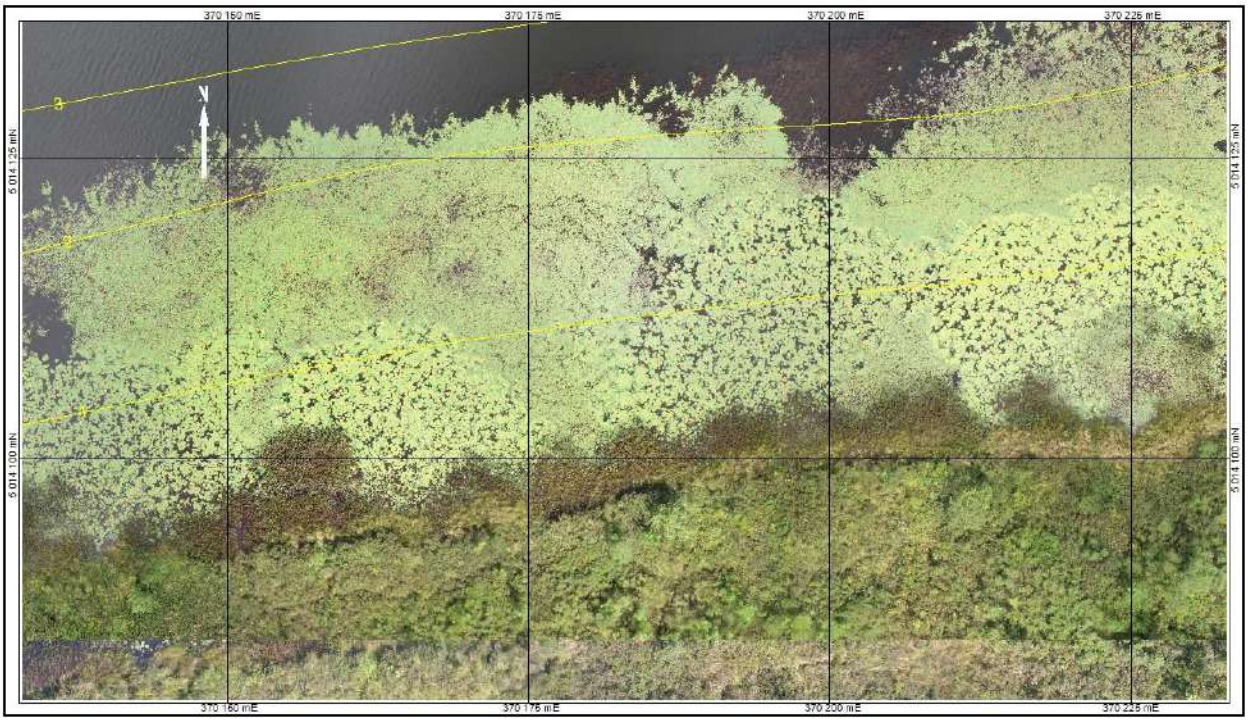


FIGURE 18. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 14 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.

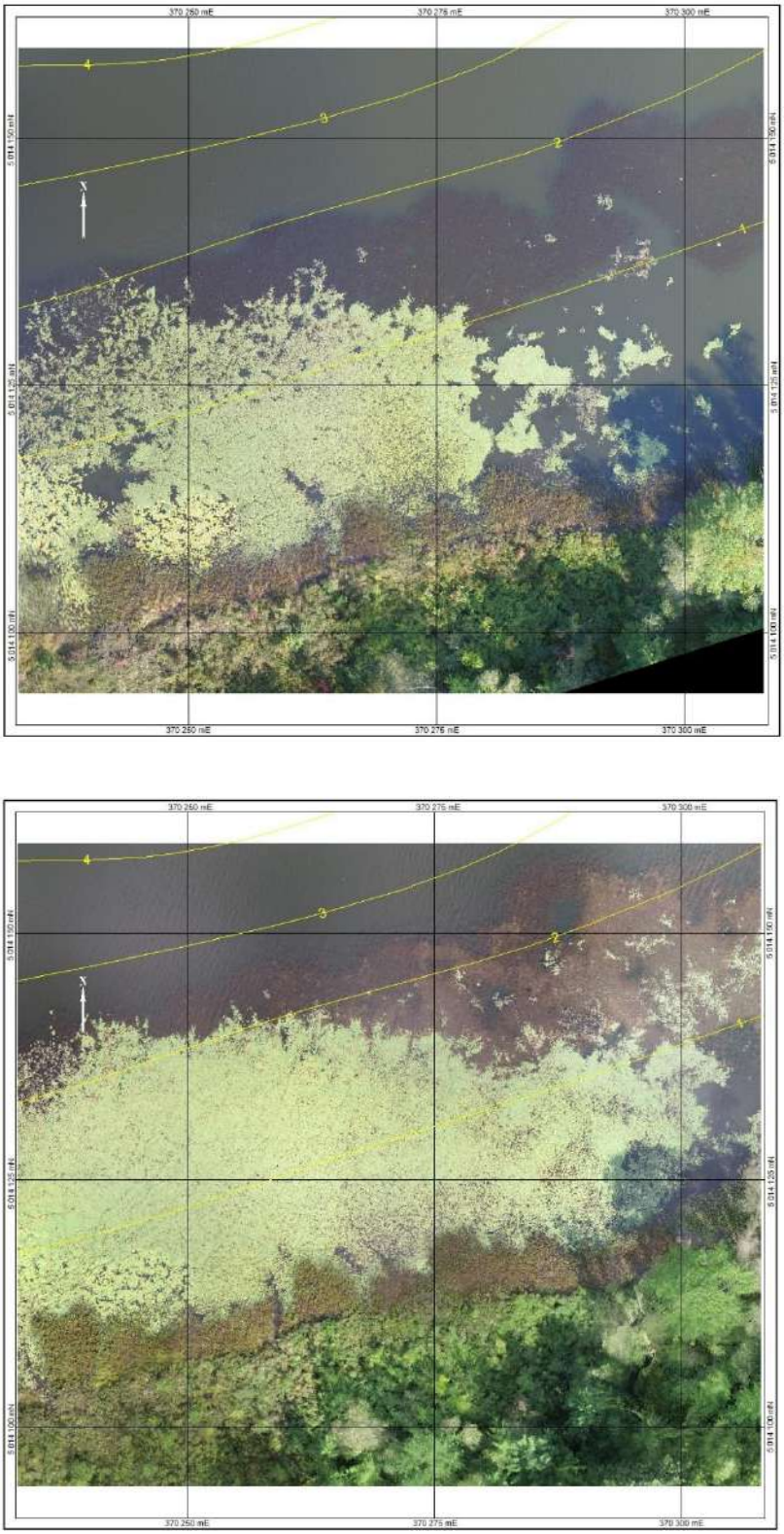


FIGURE 19. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 15 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (GAUCHE) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (DROITE). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.

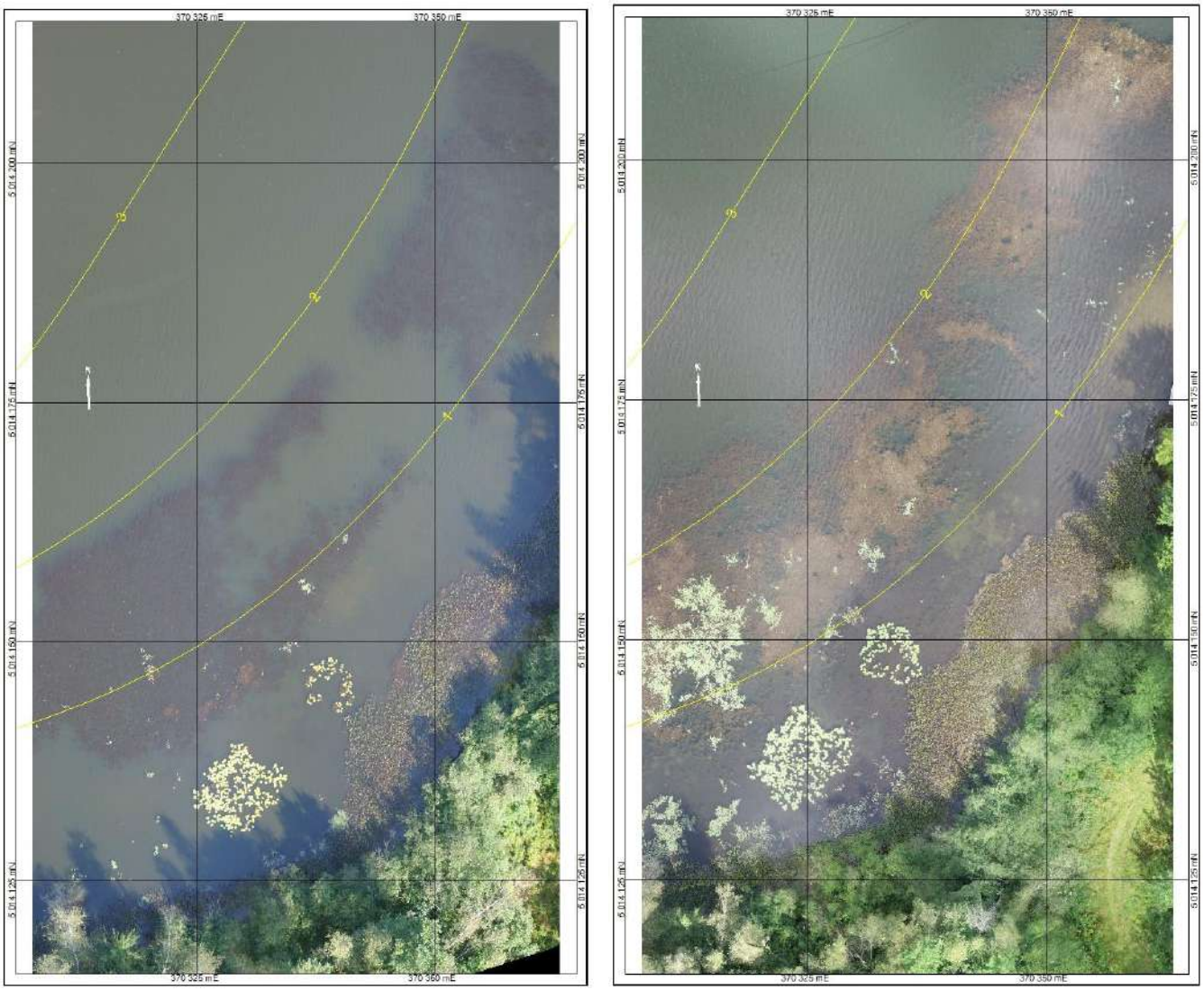


FIGURE 20. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 16 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.

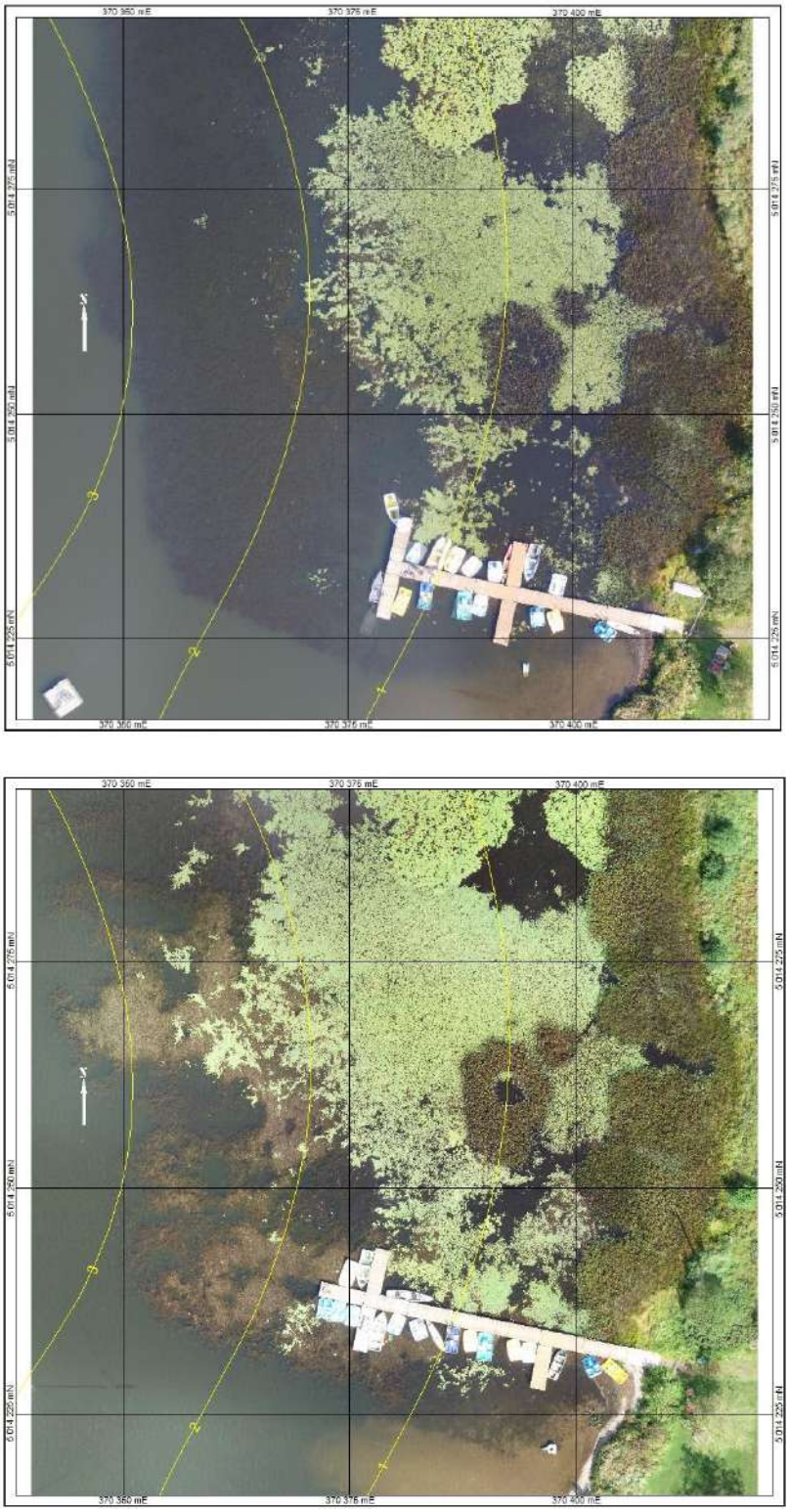


FIGURE 21. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 17 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.

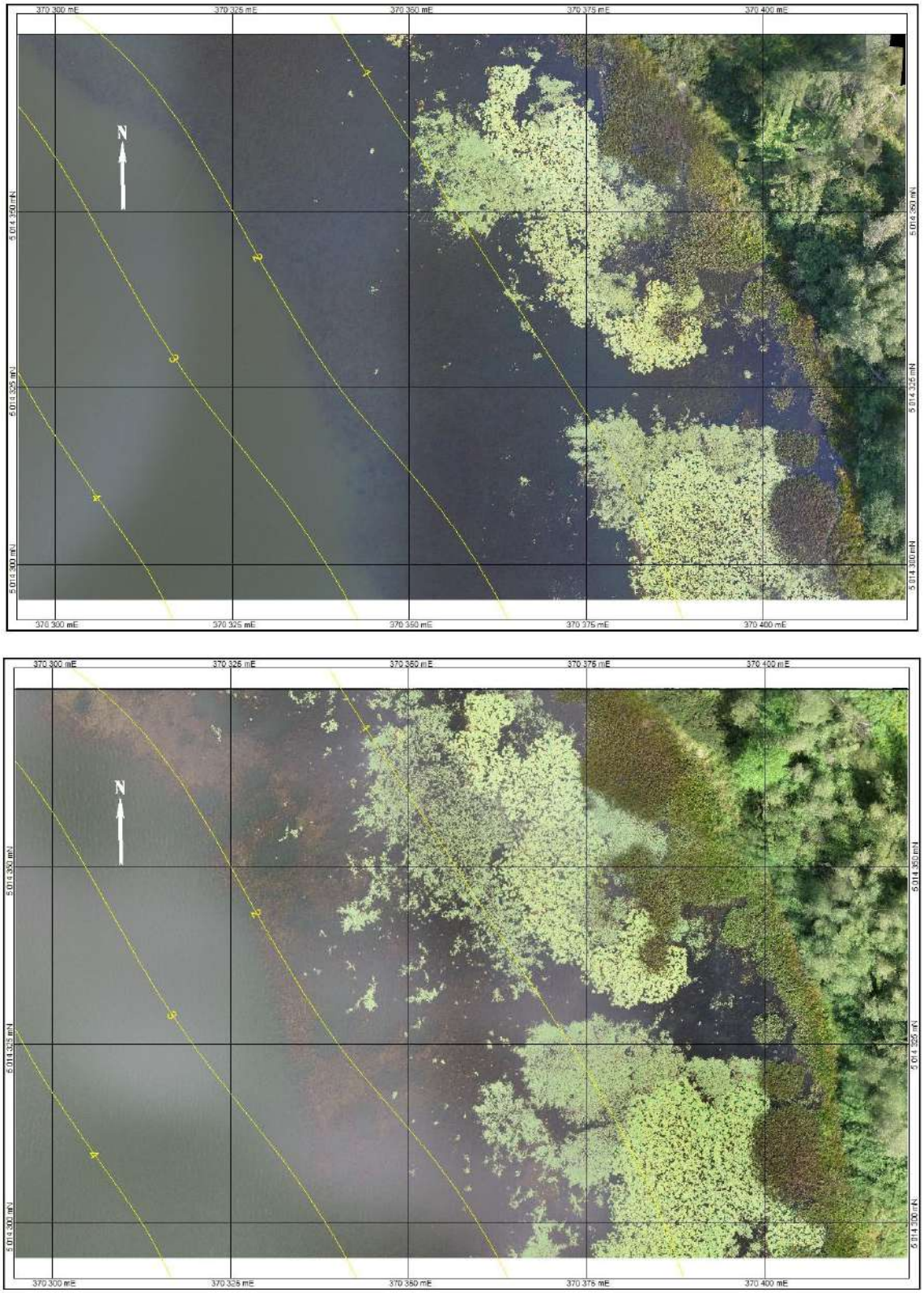


FIGURE 22. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 18 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.

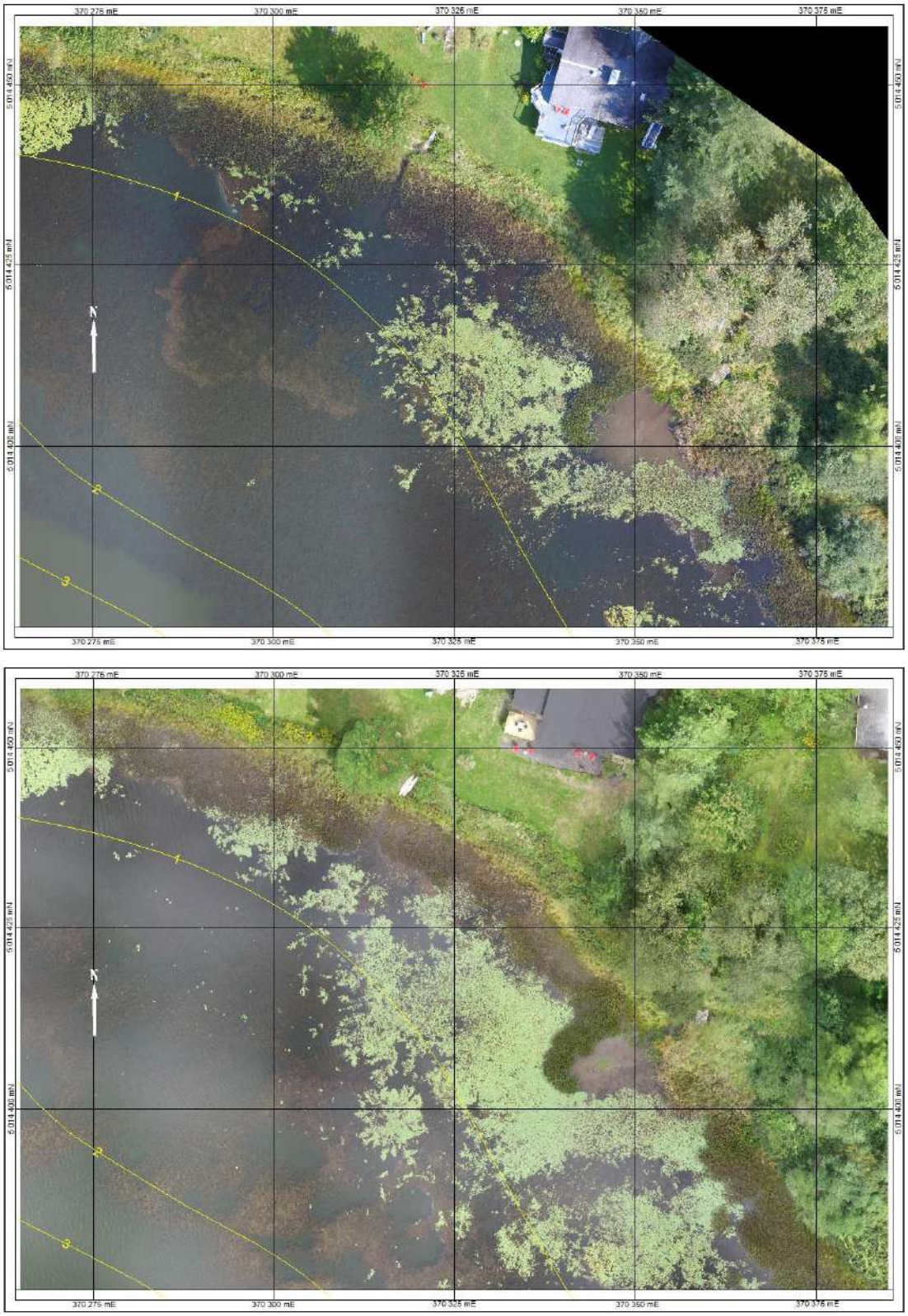


FIGURE 23. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 19 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. LA FLÈCHE JAUNE INDIQUE LA POSITION DES AGRANDISSEMENTS DE LA FIGURE 40.

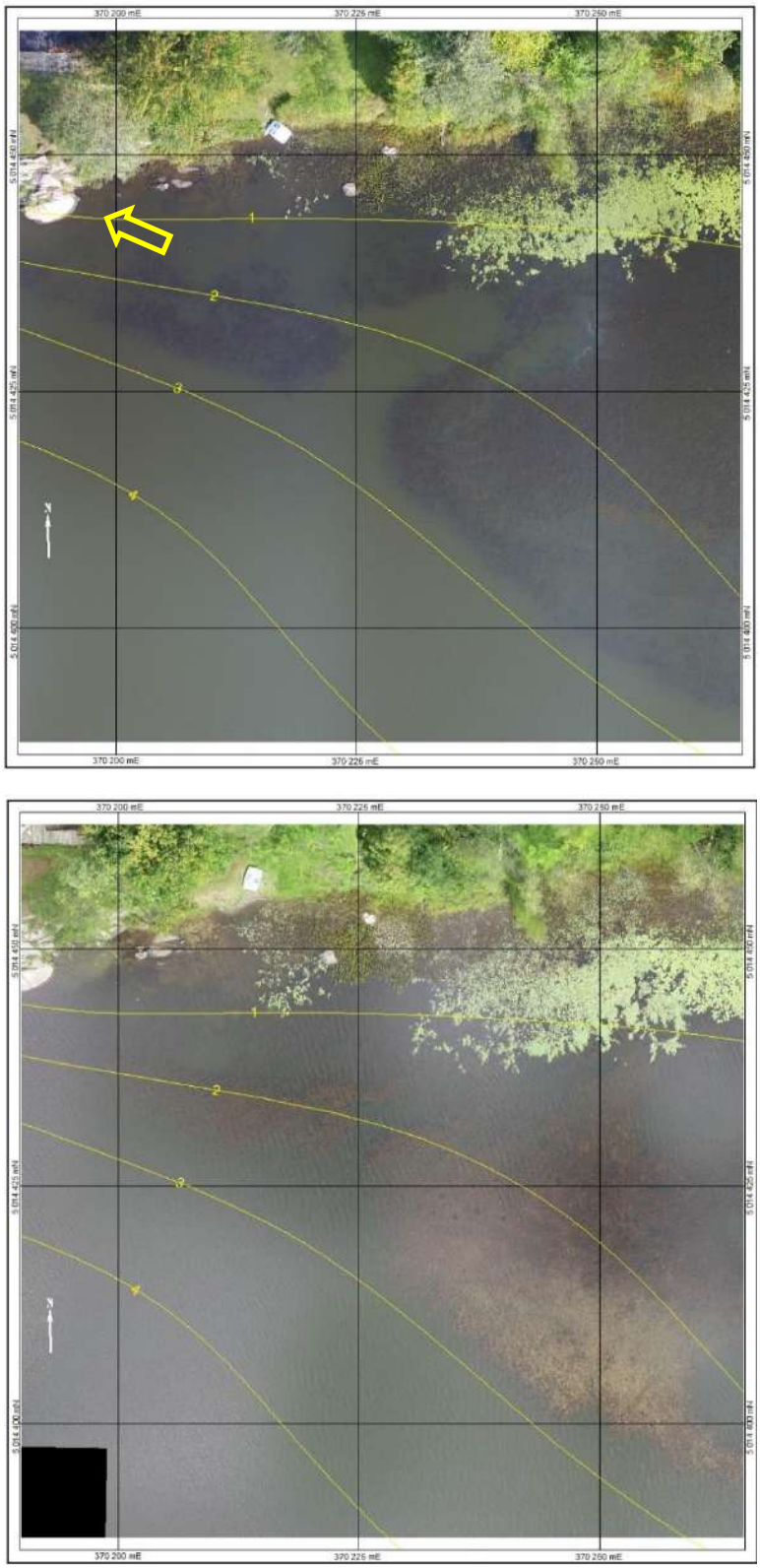


FIGURE 24. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 20 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.

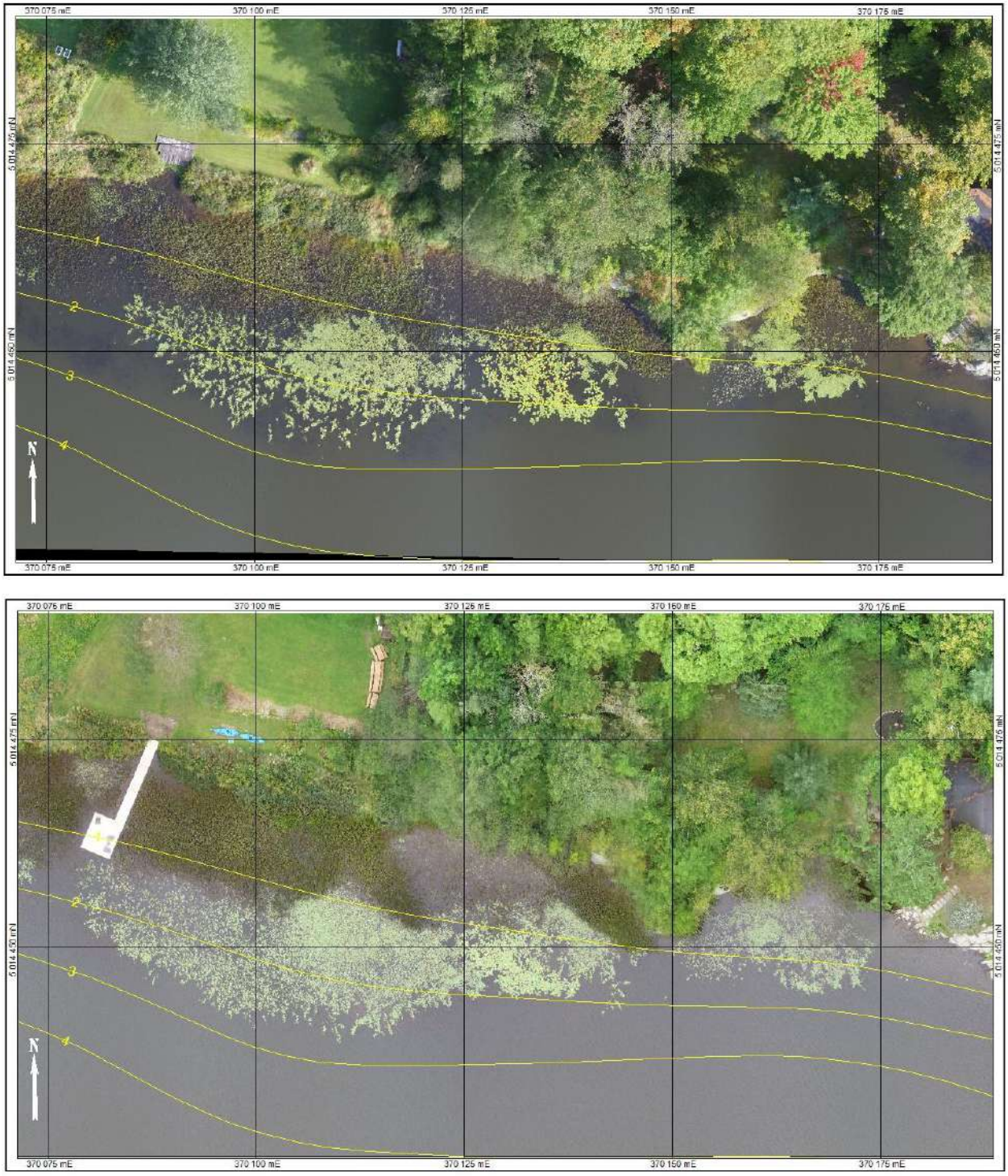


FIGURE 25. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 21 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.

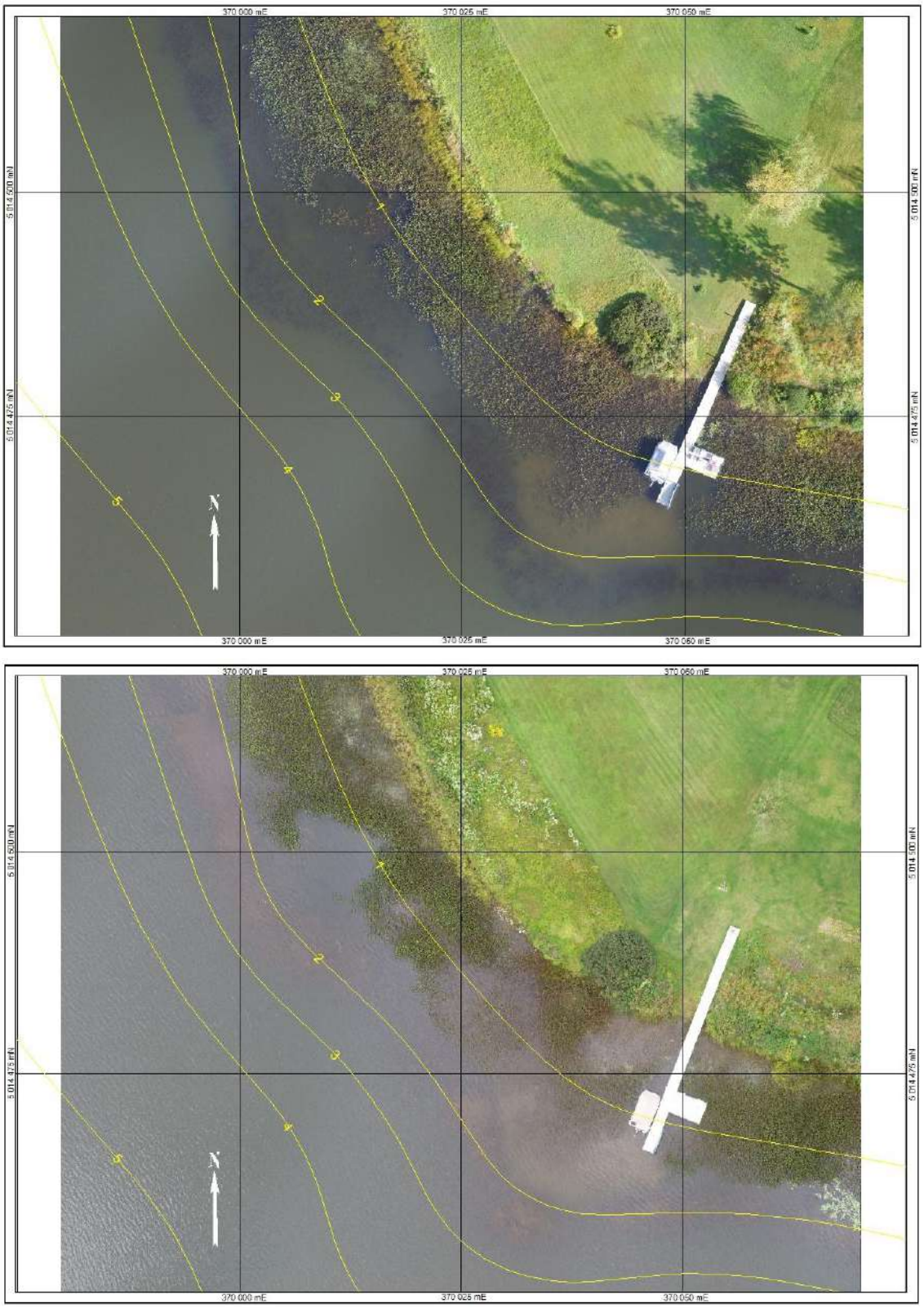


FIGURE 26. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 22 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.

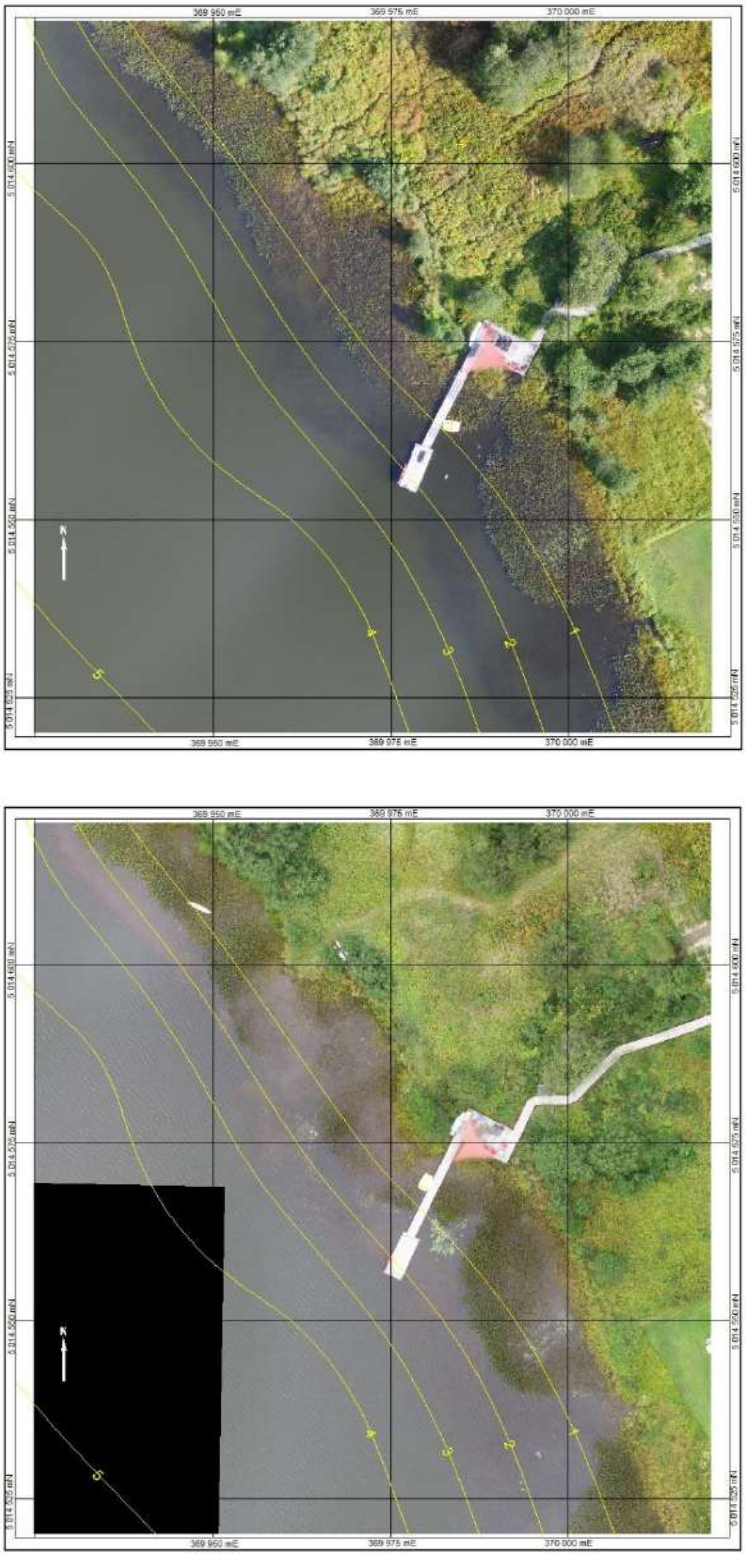


FIGURE 27. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 23 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (GAUCHE) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (DROITE). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.

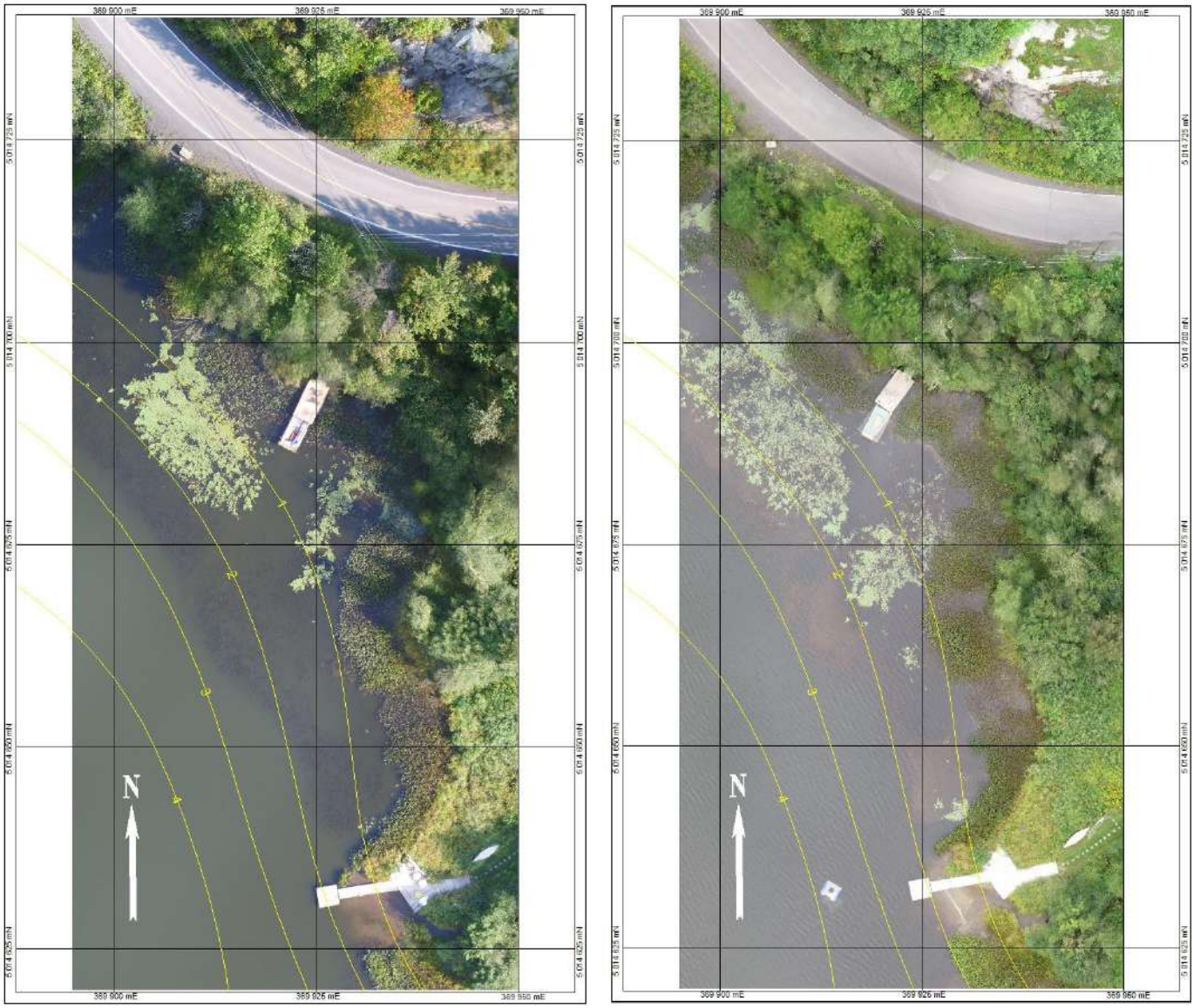


FIGURE 28. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 24 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.

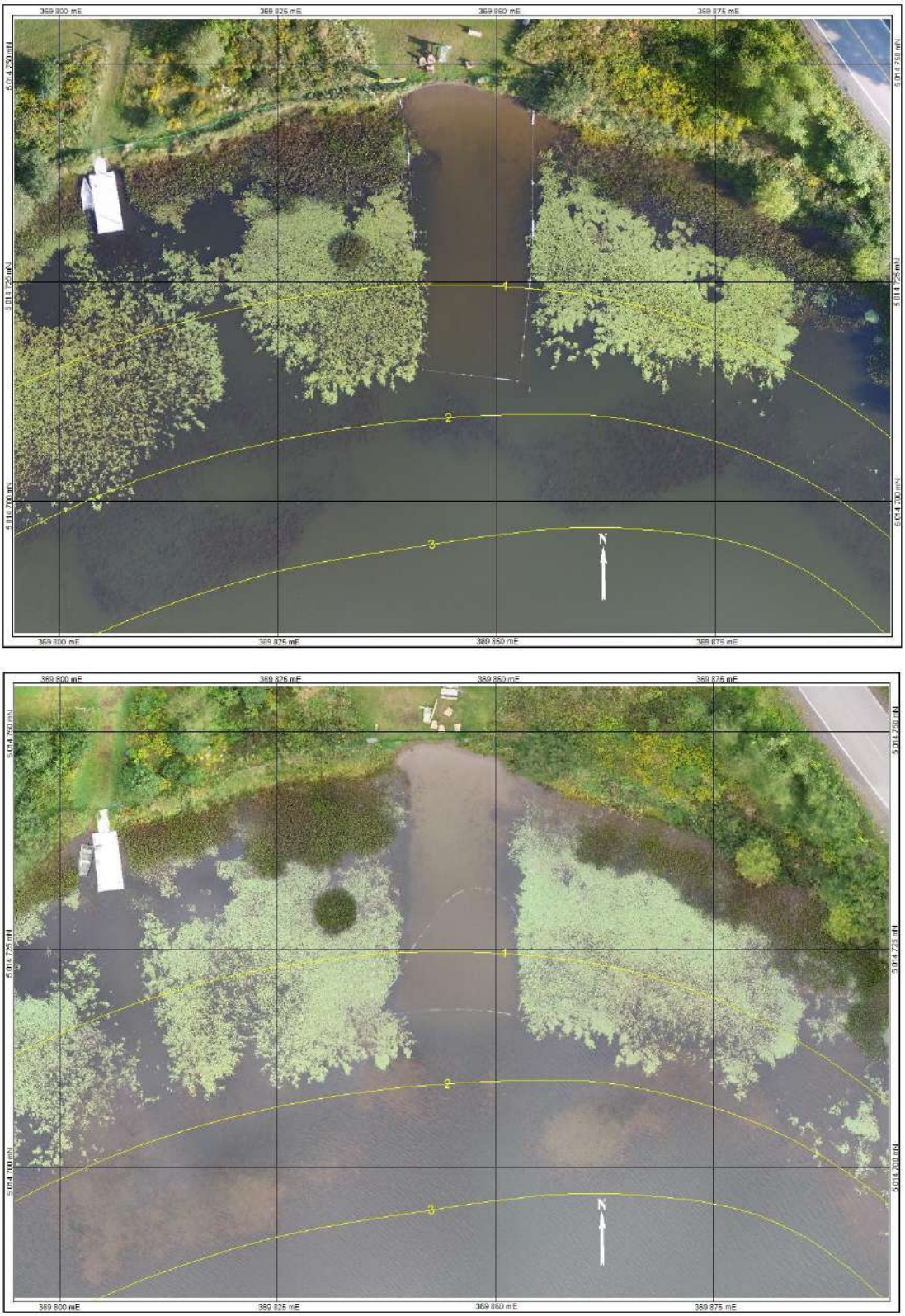


FIGURE 29. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 25 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8. NOTER L'EFFLORESCENCE DE CYANOBACTÉRIES EN 2017.

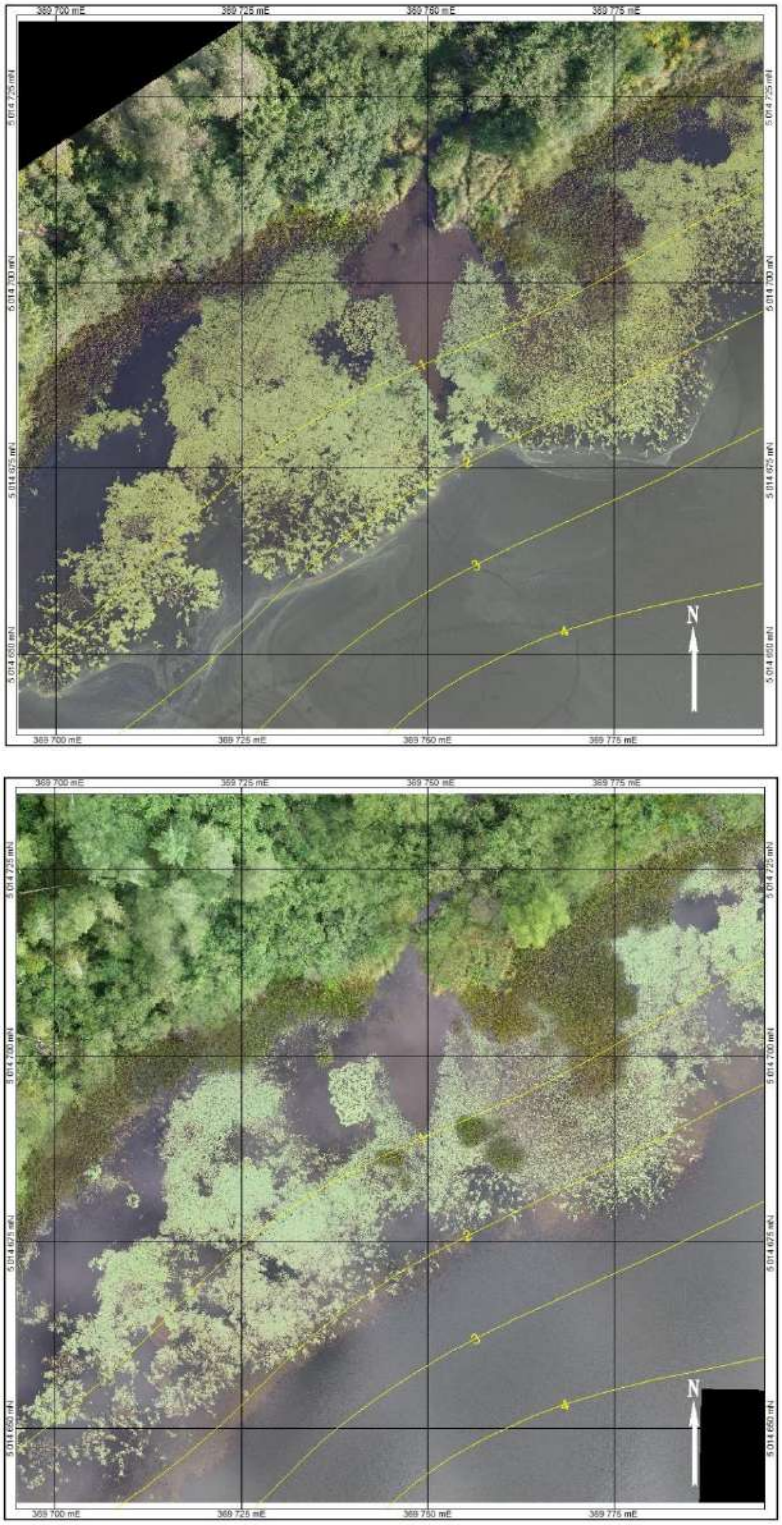


FIGURE 30. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 26 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.

FIGURE 31. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 27 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (HAUT) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (BAS). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.

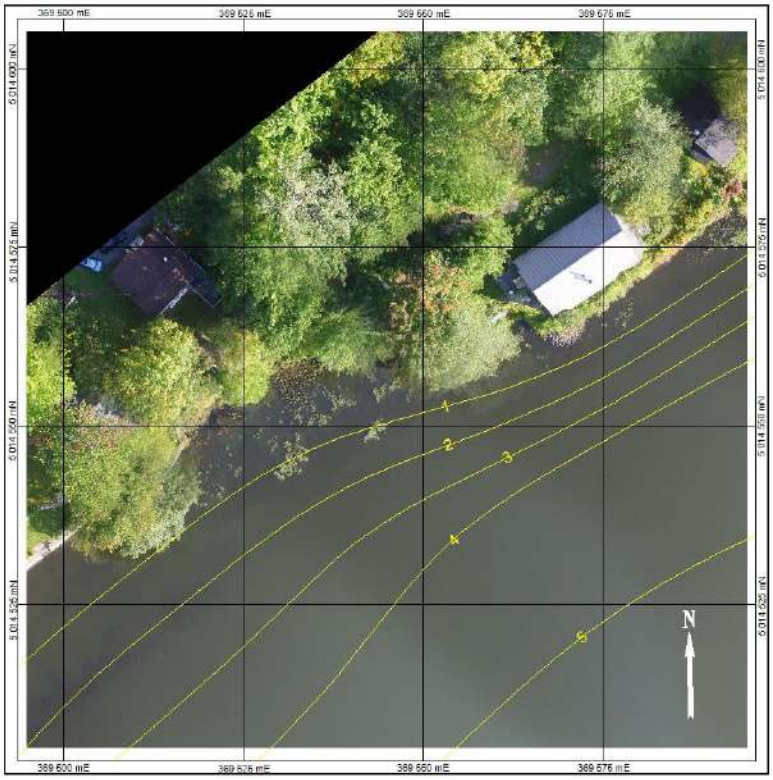


FIGURE 32. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 28 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (GAUCHE) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (DROITE). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.

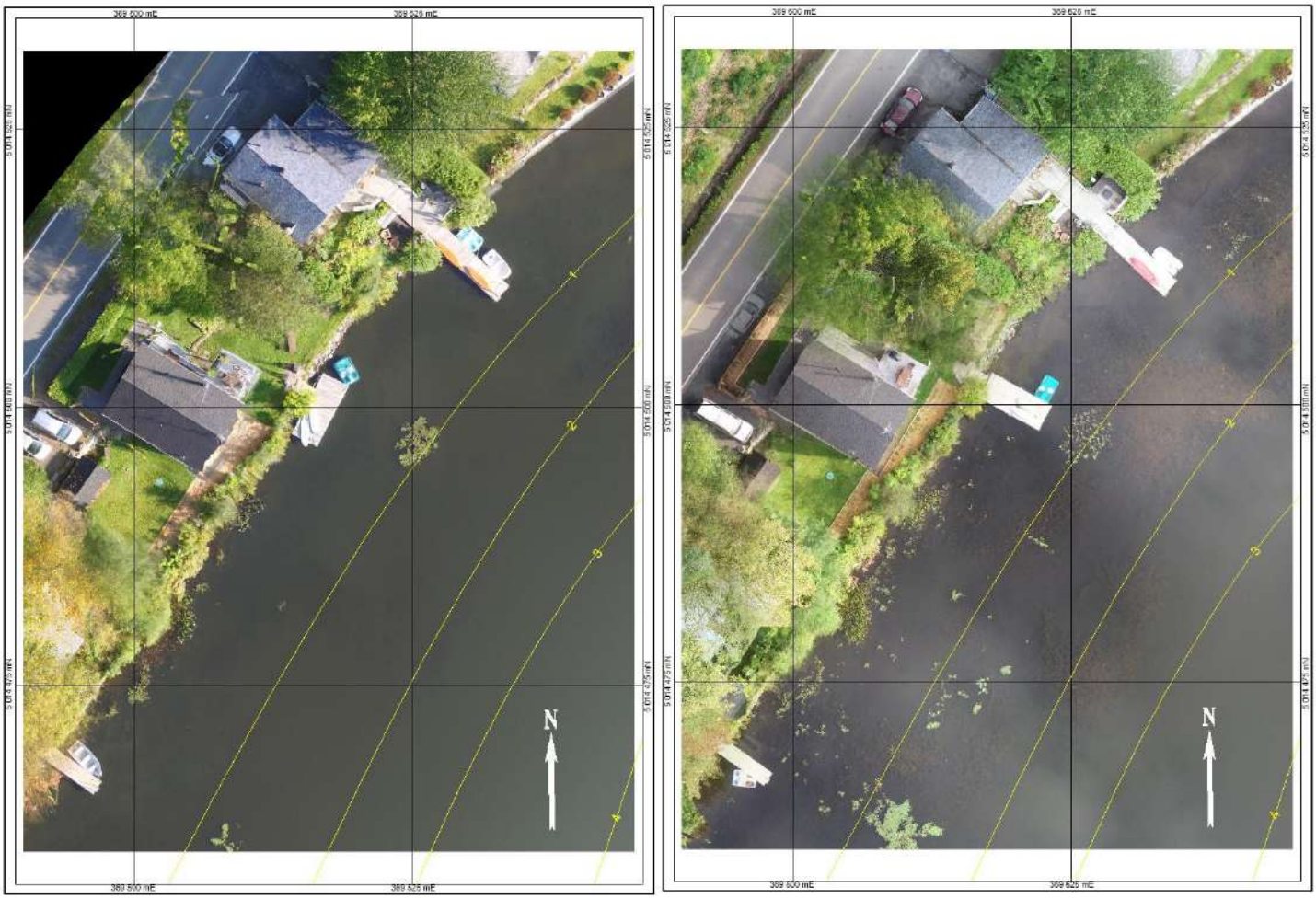


FIGURE 33. GROS PLANS CORRESPONDANT AU SECTEUR NO. 29 (VOIR FIGURES 3 ET 4) ACQUIS LE 11 SEPTEMBRE 2017 (GAUCHE) ET LE 12 SEPTEMBRE 2019 (DROITE). LES ISOBATHES SONT TRACÉES EN JAUNE. PROJECTION NAD83 MTM8.

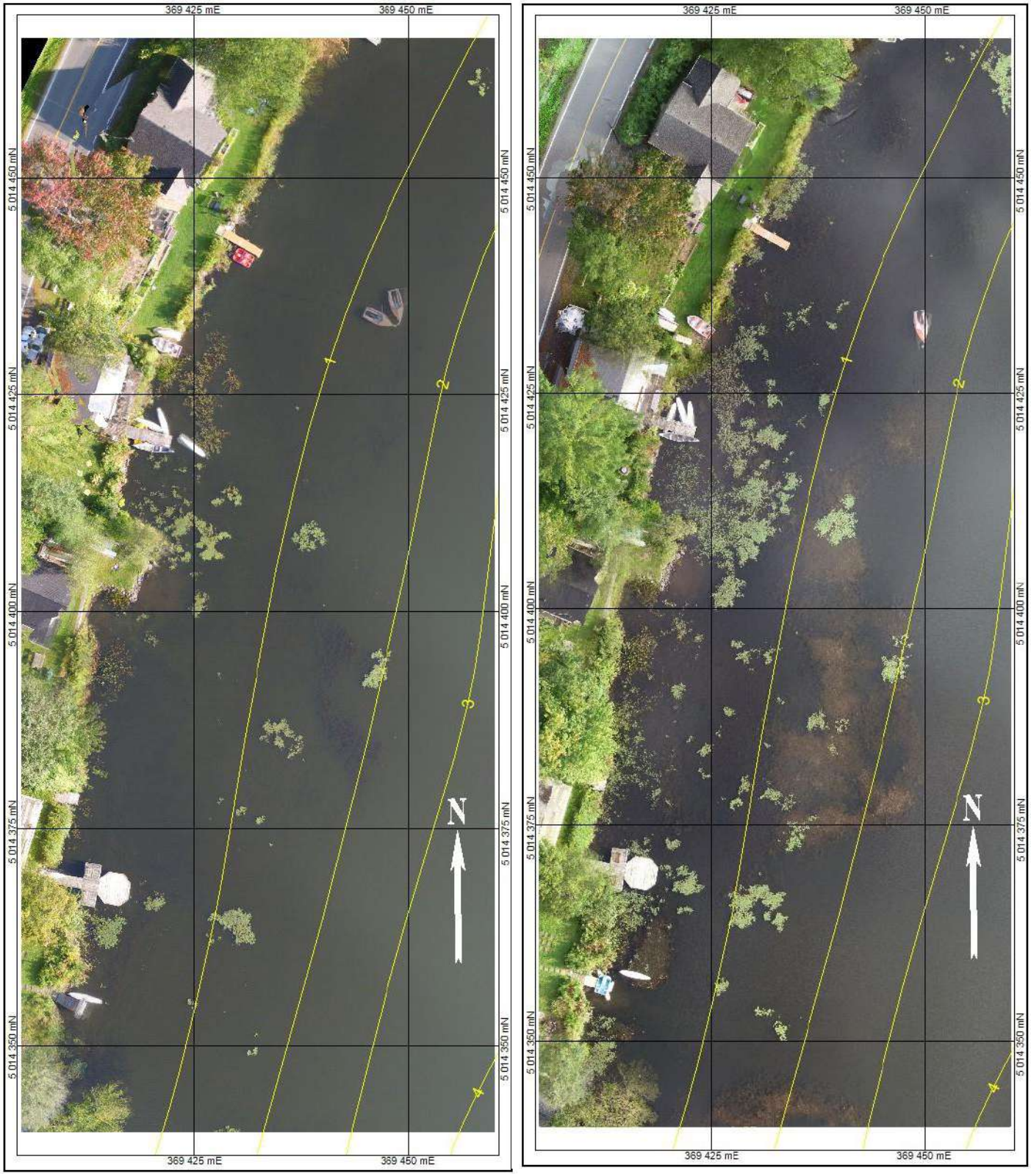


FIGURE 34. CARTOGRAPHIE DES HERBIERS SUBMERGÉS DOMINÉS PAR LE MYRIOPHYLLE À ÉPI ET VISIBLES AU DRONE (PLAGES VERTES) EN SEPTEMBRE 2017. PROJECTION NAD83 MTM8.

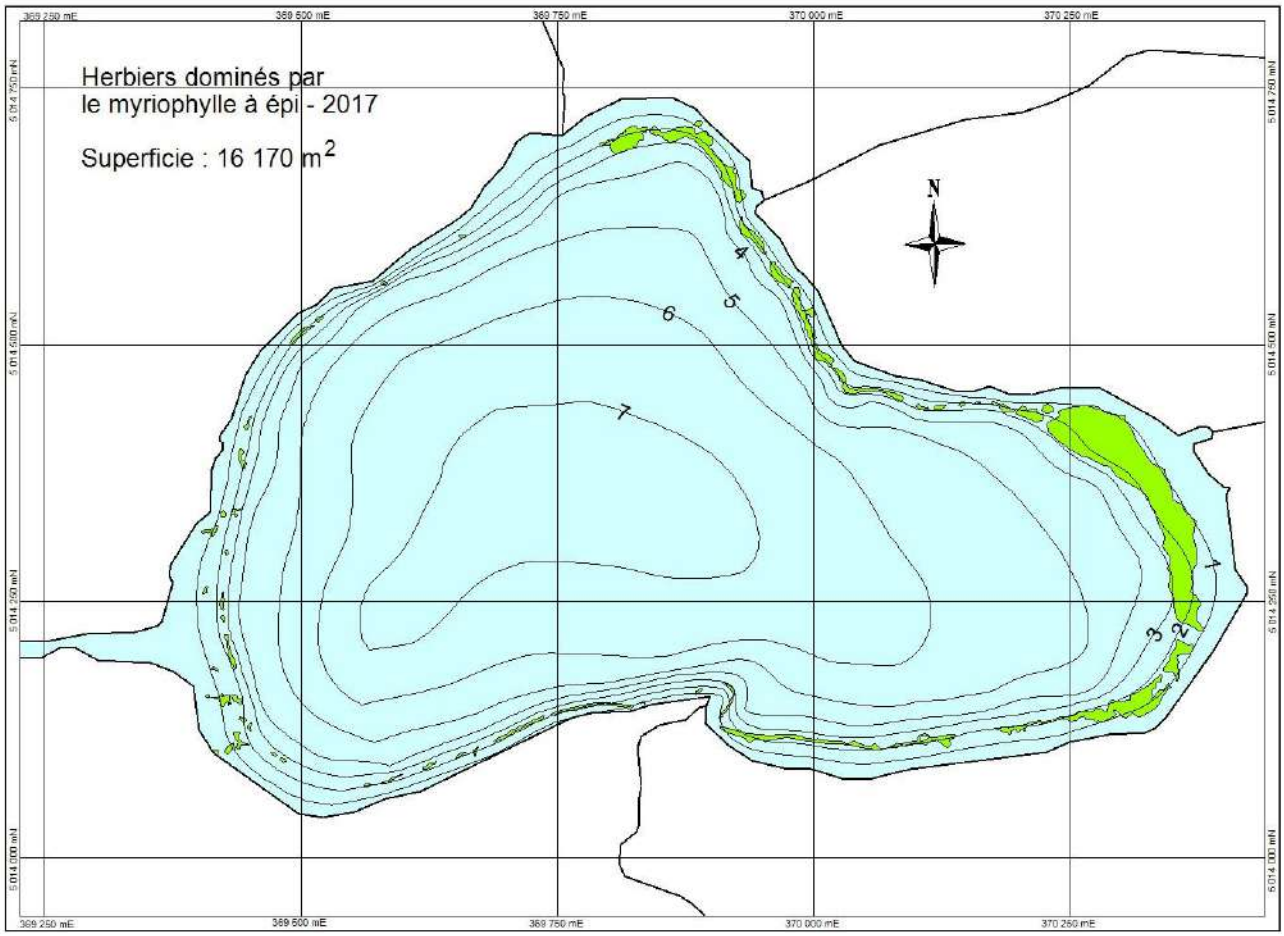


FIGURE 35. CARTOGRAPHIE DES HERBIERS SUBMERGÉS DOMINÉS PAR LE MYRIOPHYLLE À ÉPI ET VISIBLES AU DRONE (PLAGES VERTES) EN SEPTEMBRE 2019.

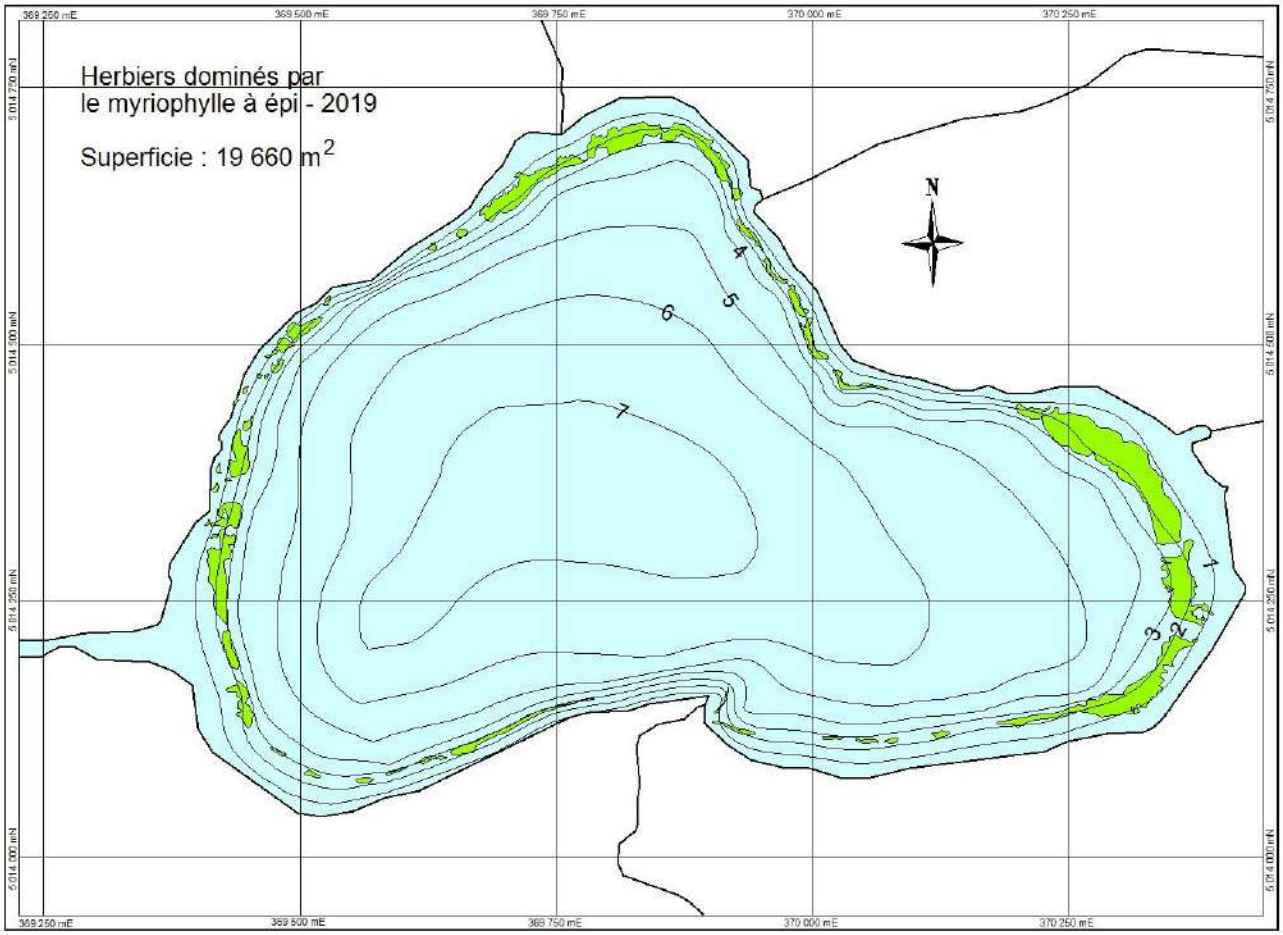


FIGURE 36. EXEMPLE DE CLASSIFICATION SUPERVISÉE DES PLANTES À FEUILLES FLOTTANTES (ZONE 6, 2017).

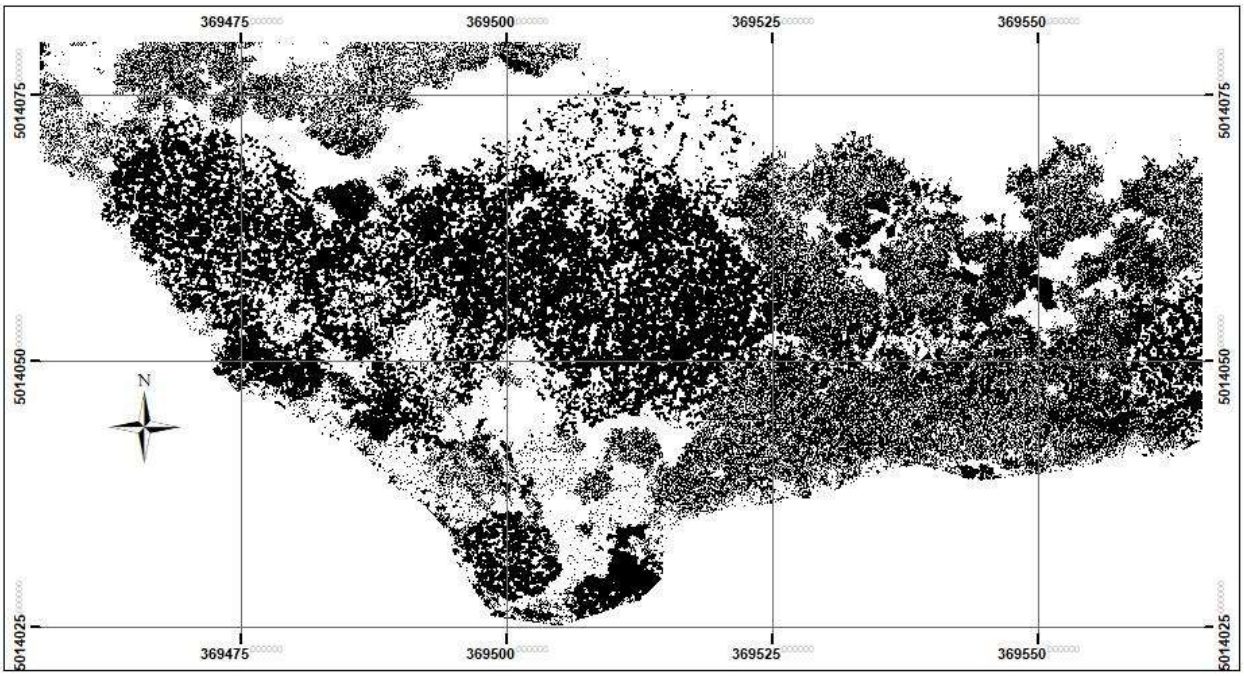


FIGURE 37. EXEMPLE DE CLASSIFICATION SUPERVISÉE DES PLANTES À FEUILLES FLOTTANTES (ZONE 6, 2019).

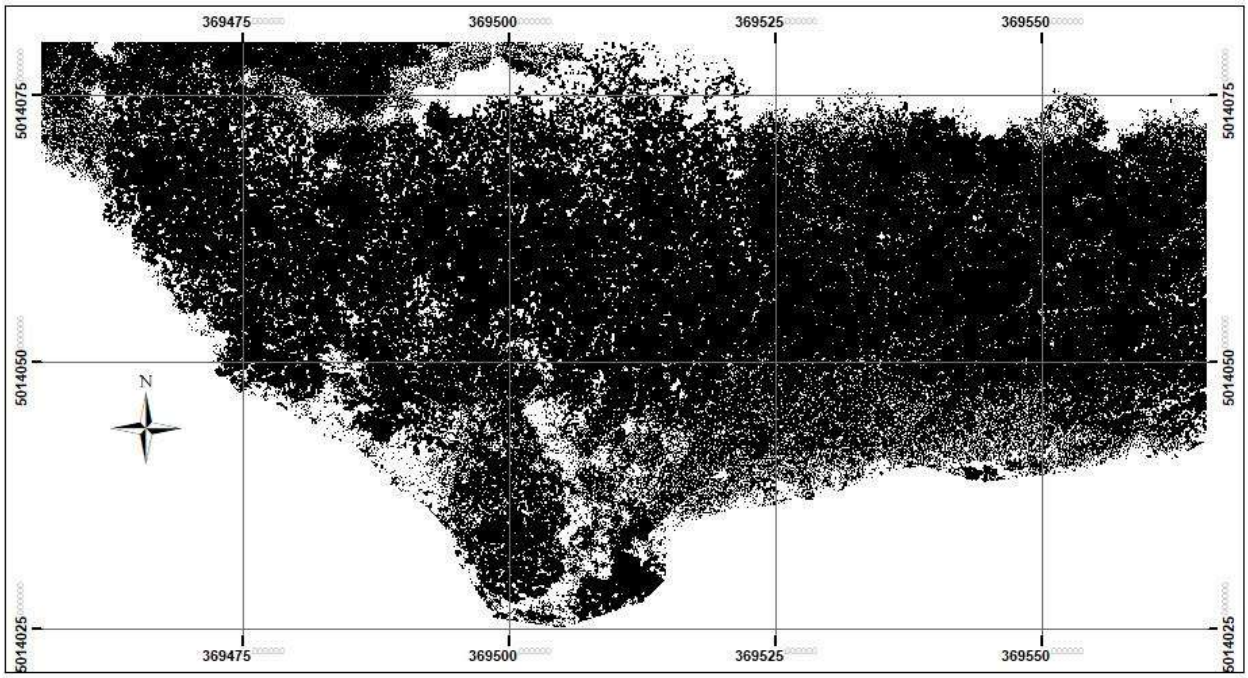


FIGURE 38. ÉVOLUTION DU NIVEAU AU LAC BROMONT ENTRE JANVIER 2017 ET SEPTEMBRE 2019.

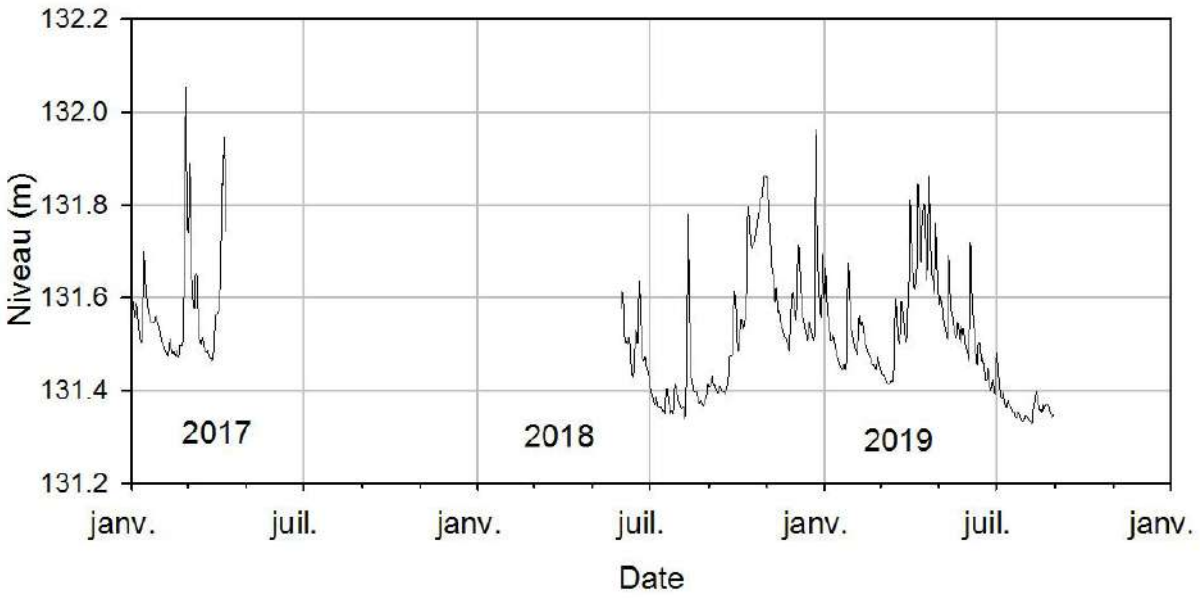


FIGURE 39. TRANSPARENCE MENSUELLE MOYENNE. LES LIGNES ROUGES INDIQUENT LA PÉRIODE D'APPLICATION DE PHOSLOCK®.

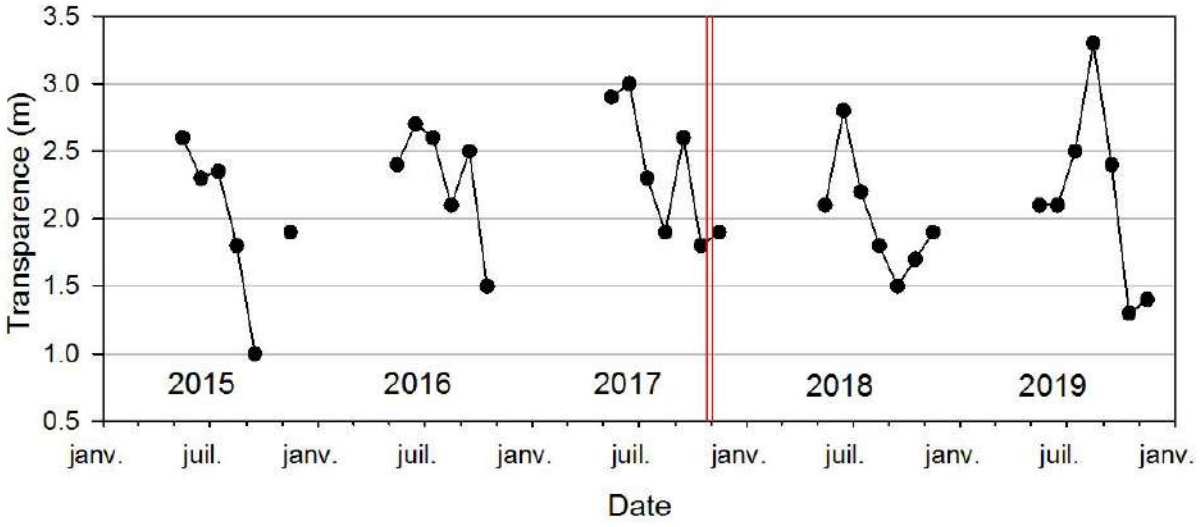


FIGURE 40. ÉVOLUTION DE LA TRANSPARENCE AU LAC BROMONT DEPUIS 2007. LA LIGNE ROUGE INDIQUE L'AJOUT DE PHOSLOCK®.

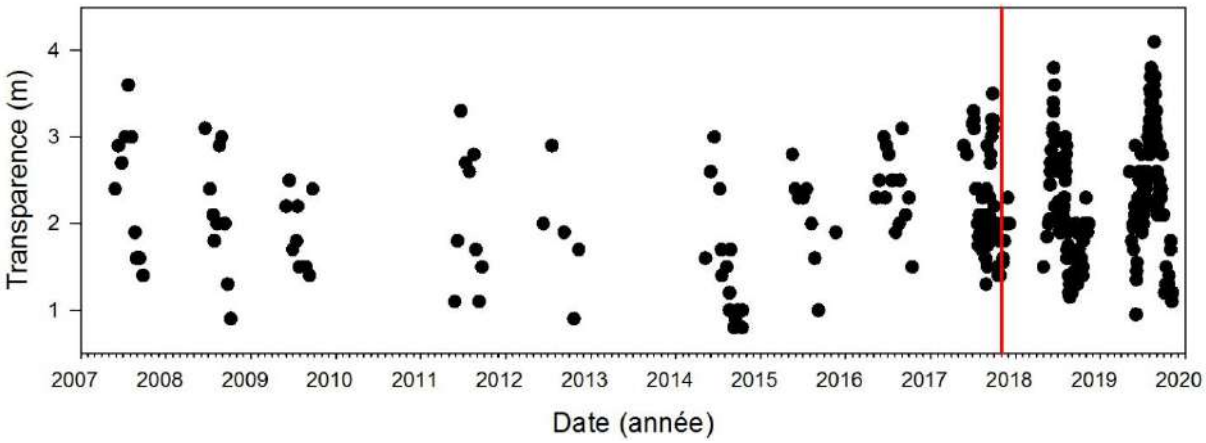


FIGURE 41. AGRANDISSEMENTS DES IMAGES DE LA FIGURE 23 CAPTURÉES EN 2017 ET 2019 CONFIRMANT QUE LE NIVEAU DU LAC BROMONT ÉTAIT 10 À 20 CM PLUS ÉLEVÉ EN 2017 QU'IL NE L'ÉTAIT EN 2019. LES FLÈCHES JAUNES INDIQUENT DES DÉTAILS EXONDÉS ET 2019 PAR RAPPORT À 2017.

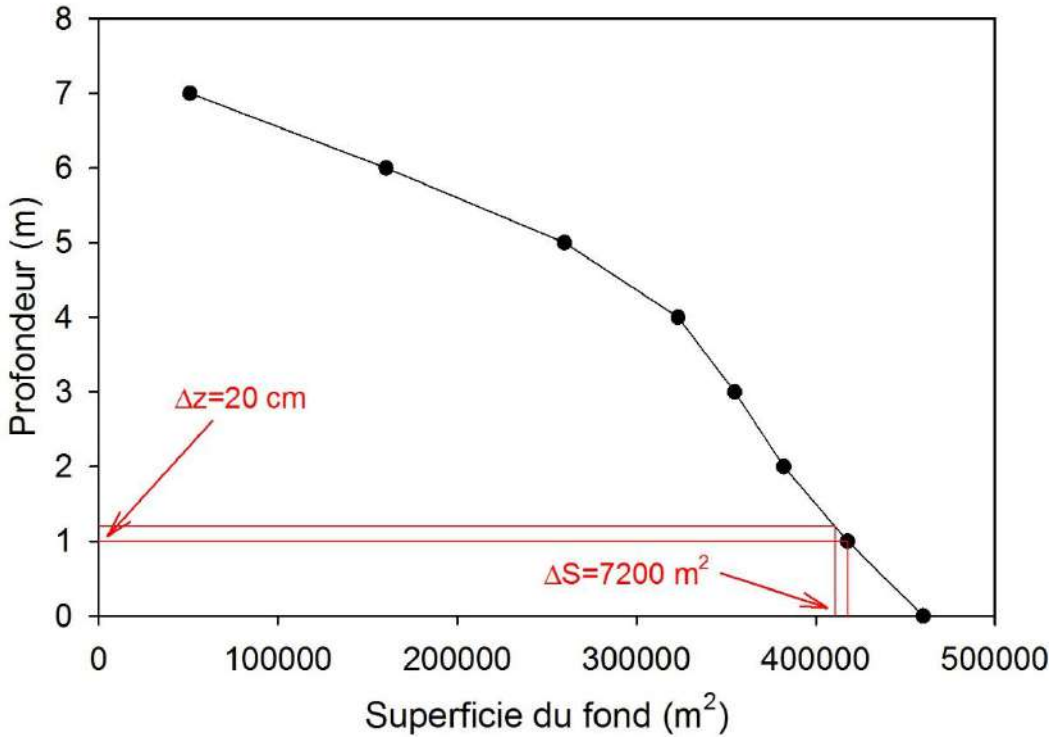



FIGURE 42. HYPSOMÉTRIE DE LA CUVETTE DU LAC BROMONT CALCULÉE SELON LA CARTE BATHYMÉTRIQUE PRODUITE EN 2017 PAR LE MDDELCC. CETTE COURBE INDIQUE QU'UN ABAISSEMENT DE NIVEAU DE 20 CENTIMÈTRES AUGMENTERAIT LA SURFACE COLONISABLE PAR LES MACROPHYTES D'ENVIRON 7 200 M^2. CETTE AUGMENTATION CORRESPOND APPROXIMATIVEMENT À L'AUGMENTATION DE SURFACE OCCUPÉE PAR LES FEUILLES FLOTTANTES ENTRE 2017 ET 2019.