



L'Union
des producteurs
agricoles

Centre-du-Québec
Estrie
Montérégie

Guide d'aménagement et de valorisation des coulées agricoles



Équipe de rédaction

Coordination du projet

Bourassa, Yann	Fédération de l'UPA du Centre-du-Québec
Desautels, Patrick	Fédération de l'UPA de la Montérégie
Duquette, Julie	Fédération de l'UPA de l'Estrie
St-Onge, Mylène	Fédération de l'UPA de la Montérégie
Catherine Lussier	Fédération de l'UPA de la Montérégie

Comité aviseur

Blais, Andréanne	Conseil régional de l'environnement du Centre-du-Québec
Côté, Olivier	Syndicat des Producteurs forestiers du Sud du Québec
Lussier, Charles	Consultant en agroforesterie, CLG AGFOR

Sous-comité « érosion et qualité de l'eau »

Bernard, Hélène	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Direction régionale de la Mauricie
Brien, Maxime	Fondation de la faune du Québec
Dauphin, Karine	Regroupement des organismes de bassin versant du Québec
Demers, Sylvio	Consultant en hydrogéomorphologie
Fortin, Alexis	Ministère des Transports et de la Mobilité durable, Direction de la géotechnique et de la géologie
Locat, Pascal	Ministère des Transports et de la Mobilité durable, Direction de la géotechnique et de la géologie

Sous-comité « valeur utilitaire »

Marois-Mainguy, Olivier	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Direction régionale de la Montérégie
Pépin, Jean-François	Agence forestière de la Montérégie
Schroeder, Andréa	Club-conseil Gestrie-Sol
Vézina, André	Consultant en agroforesterie

Sous-comité « biodiversité »

Bellefroid, Julie	Club-conseil Dura-club
Dubois, Yohann	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, Service de la conservation de la biodiversité et des milieux humides
Gratton, Louise	Consultante en écologie et en conservation
Jobin, Benoît	Environnement et Changement climatique Canada, Service canadien de la Faune

Révision

Boucher-Ravenhorst, Chloé	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Direction régionale de l'Estrie
Cogliastro, Alain	Institut de recherche en biologie végétale de l'Université de Montréal
Poiraudeau, Benoît	Pépinière du Cerneau
Poisson, Ghislain	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Direction régionale de la Montérégie

Photo de couverture © UPA Montérégie

Un mot sur le Plan d'agriculture durable

Le Plan d'agriculture durable 2020-2030 du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) vise à accélérer l'adoption de pratiques agroenvironnementales durables qui tiennent compte des préoccupations sociétales ainsi que des engagements liés aux changements climatiques et au développement durable du gouvernement québécois.

Ce plan vient concrétiser, dans le secteur agricole, l'objectif de la Politique bioalimentaire 2018-2025, *Alimenter notre monde*, en contribuant à encourager les approches concertées pour protéger la santé et l'environnement en plus de renforcer l'implantation de pratiques d'affaires responsables.

C'est grâce au financement rendu disponible en vertu du Plan d'agriculture durable que le présent guide a été réalisé. Son objectif : outiller les producteurs, productrices, propriétaires, conseillers, conseillères, techniciennes et techniciens agricoles, ainsi que toutes les autres personnes intervenant en milieu agricole en vue de rehausser la biodiversité et protéger la qualité de l'eau par la maîtrise de l'érosion au sein des entreprises agricoles de l'ensemble du territoire québécois dans une perspective de bénéfices collectifs.

Québec 

Le projet *Transfert de connaissances sur les bonnes pratiques d'aménagement et de valorisation des coulées agricoles* qui s'est conclu à l'automne 2024 a été réalisé grâce au soutien financier du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, dans le cadre du sous-volet 2.2 du programme Prime-Vert.



Coulée agricole cultivée © UPA Montérégie

Table des matières

1. Les coulées agricoles au Québec	6	4. Objectif 2 - Bonifier la valeur utilitaire des coulées agricoles	37
1.1 Qu'est-ce qu'une coulée agricole?	7	4.1 Plantation d'arbres	38
1.2 Historique de la valorisation des coulées agricoles au Québec	8	4.2 Conseils de plantation pour arbre	40
1.3 Pourquoi aménager une coulée agricole?	10	4.3 Culture de produits forestiers non ligneux (PFNL)	43
2. Gestion d'un projet d'aménagement et de valoration d'une coulée agricole	11	4.3.1 Culture du sapin de Noël	45
2.1 Analyse préliminaire du site	11	4.4 Cultures énergétiques : cas de la culture intensive du saule en courte rotation (CICR)	46
2.2 Identification des objectifs	14	4.5 Séquestration du carbone	48
2.3 Conception de scénarios d'aménagement	14	4.6 Valorisation d'une coulée agricole en agriculture commerciale	50
2.4 Mise en œuvre de l'aménagement	15	4.7 Valorisation d'une coulée agricole entièrement boisée	52
3. Objectif 1 - Réduire l'impact de l'érosion dans les coulées agricoles	16	5. Objectif 3 - Aménager les coulées agricoles au bénéfice de la biodiversité	54
3.1 Processus et sources d'érosion	17	5.1 Favoriser les oiseaux champêtres	56
3.2 Prévention en matière de glissement de terrain	18	5.2 Favoriser la sauvagine	58
3.3 Pratiques bénéfiques au champ en matière de prévention de l'érosion dans un contexte de coulée agricole	22	5.3 Favoriser les rapaces et les oiseaux de proie	60
3.4 Érosion située au niveau des sorties de système de drainage souterrain	23	5.4 Favoriser les chauves-souris	62
3.5 Phénomènes érosifs causés par le ruissellement de surface	25	5.5 Favoriser les amphibiens, tortues et couleuvres	64
3.6 Gestion du ruissellement de surface à l'aide de travaux de stabilisation et de végétalisation	26	5.6 Favoriser les pollinisateurs	66
3.7 L'érosion en coulée agricole : agir ou ne pas agir?	30	5.7 Services écologiques rendus par l'aménagement réalisé	68
3.8 Maîtrise de l'érosion du lit du cours d'eau	31	5.8 Lutter contre les espèces exotiques envahissantes	69
3.9 Vérification du cadre normatif en vigueur pour les interventions projetées en coulée agricole	33	6. Conclusion	72
		7. Bibliographie	73

Liste des tableaux

Tableau 3.1	Approches de végétalisation	28	Tableau 5.1	Groupes fauniques favorisés et services écologiques rendus par les aménagements réalisés	68
Tableau 4.1	Essences feuillues à privilégier selon les conditions de drainage du sol	39			

Liste des figures

Figure 3.1	Variabilité des processus d'érosion dominants dans la coulée agricole en fonction de la position dans le bassin versant	17	Figure 3.11	Sortie de drain aménagée et protégée en pied de talus	24
Figure 3.2	Exemples de processus d'érosion dans les coulées agricoles en fonction de leur localisation dans le bassin versant	17	Figure 3.12	Sorties de drains rallongées jusqu'au pied de talus avec des tuyaux flexibles non perforés	24
Figure 3.3	Facteurs anthropiques à l'origine de processus d'érosion dans les coulées agricoles	18	Figure 3.13	Bris du haut de talus par le ruissellement de surface provenant du champ	25
Figure 3.4	Illustration d'un glissement de terrain	18	Figure 3.14	Aménagement d'une risberme dirigeant l'eau de surface vers un déversoir enroché	25
Figure 3.5	L'érosion en bas de talus peut déclencher un glissement de terrain	18	Figure 3.15	Bris du talus de la coulée au niveau de la confluence d'un fossé de drainage	25
Figure 3.6	Exemple de glissement de terrain affectant l'intégrité d'un bâtiment agricole	19	Figure 3.16	Aménagement d'un ponceau-avaloir	25
Figure 3.7	Travaux d'aménagement d'une risberme associée à un déversoir enroché qui, à terme, permet de limiter l'érosion et le transport de particules de sol vers les cours d'eau	20	Figure 3.17	Enrochement de fond de fossé de drainage en pente forte	26
Figure 3.8	Implantation de luzerne en bande élargie en haut de talus, près d'une coulée	22	Figure 3.18	Seuils aménagés dans un fossé de drainage	26
Figure 3.9	Culture intercalaire de ray-grass dans le maïs	23	Figure 3.19	Seuil avec avaloir et fossé enroché	26
Figure 3.10	Problème d'érosion du talus d'une coulée agricole en raison de l'eau sortant des drains	24	Figure 3.20	Profil d'une berge végétalisée	27
			Figure 3.21	Phénomène d'érosion régressive	31
			Figure 3.22	Radier de ponceau agissant comme un seuil	31
			Figure 3.23	Exemple de l'utilisation d'obstructions pour contrer l'érosion du lit	32
			Figure 4.1	Dispositif de plantation selon l'exemple proposé	43

1. Les coulées agricoles au Québec

Les plus récentes cibles visant la conservation et la restauration des milieux naturels à l'échelle du territoire québécois inscrites au Cadre mondial de la biodiversité de Kunming à Montréal en 2022 commandent des gains de superficies de milieux naturels préservés à l'intérieur des régions en possédant moins de 30 %¹.

Or, dans certaines régions dominées par des agglomérations urbaines et des terres agricoles parmi les plus productives de la province, le territoire agricole apparaît pour plusieurs comme le secteur le plus propice à accueillir ces initiatives de restauration.

Conscients des enjeux liés à cette richesse collective que sont les terres agricoles, les partenaires régionaux se concentrent donc davantage sur les secteurs

moins productifs du territoire, afin d'amorcer cette restauration écologique tout en minimisant les impacts sur la rentabilité des entreprises agricoles. Les coulées agricoles sont considérées comme une zone de prédilection pour cela. Il importe toutefois que les aménagements qui y sont réalisés le soient non seulement au bénéfice de la qualité de l'eau et de la biodiversité, mais également des entreprises agricoles.

Les recommandations présentées dans le présent guide rendent d'ailleurs compte de l'adéquation possible, voire nécessaire, des impératifs collectifs et agricoles dans les projets de valorisation des coulées par l'entremise d'aménagements judicieux.



1.1 Qu'est-ce qu'une coulée agricole?

La coulée agricole est une zone d'écoulement préférentiel de l'eau dont l'érosion a créé un relief accidenté présentant des pentes plus ou moins prononcées. La présence d'eau en contrebas y est plus ou moins importante, voire intermittente.

La pente de ses parois est variable, mais on y rencontre souvent des sections abruptes (pente de plus de 10 %) ainsi que des marques de ravinements superficiels, d'anciennes cicatrices d'érosion ou de glissements de terrain, qui peuvent parfois prendre une forme plus ou moins arrondie. Sa profondeur varie aussi considérablement (de 3 mètres, voire à plus de 15 mètres), principalement en fonction de l'ampleur des processus érosifs à l'origine de sa formation.



La variation des conditions d'habitats à l'intérieur des limites de la coulée agricole (inclinaison et orientation de la pente, drainage, pédologie, etc.) la rend propice à abriter une grande biodiversité. Néanmoins, elle est sujette à poser un défi de gestion et d'aménagement, particulièrement en raison de la sensibilité de ses pentes à différents types de mécanismes d'érosion et au passage de la machinerie agricole. Ainsi, on retrouve sur le territoire québécois des coulées cultivées, aménagées, boisées ou laissées en friche.

1.2 Historique de la valorisation des coulées agricoles au Québec

Après le retrait de la mer de Champlain, il y a de cela 10 000 ans, et la remontée graduelle de la croûte terrestre qui s'en est suivie, les arbres se sont implantés progressivement dans les basses terres du Saint-Laurent. Les érablières à caryer cordiforme et à tilleul, domaines bioclimatiques du sud du Québec où la majorité des coulées actuelles évoluent, se sont quant à elles formées il y a 3 000 ans.

Avant les grands déboisements du 19^e siècle, les pentes et hauts de pentes des coulées, mieux drainés, étaient occupés par les érablières à sucre composées principalement de frênes blancs et de pins blancs. Les bas de pentes et les terrasses argileuses basses et mal drainées étaient, quant à elles, parfois occupées par de grandes arbustives².

Au cours de la première moitié du 20^e siècle, les coulées agricoles sont alors largement occupées par les troupeaux laitiers à des fins de pâturage³. Dans les années 1970, la diminution de l'usage des pâturages engendre le délaissement des coulées agricoles, où s'implantent alors progressivement des friches herbacées dont les sols ont été largement compactés par le piétinement.

Dans un objectif de valorisation de ces espaces maintenant marginaux, le gouvernement du Québec offre dans les années 1980 des subventions pour les productrices et producteurs agricoles désireux de se créer un revenu d'appoint en y plantant des arbres destinés à l'industrie papetière, le tout sur fond de relance économique. Sont alors réalisées dans les coulées les premières initiatives de plantations, à l'aide majoritairement d'espèces résineuses.



Plantation de résineux en coulée agricole
© Charles Lussier

Il faudra attendre le début des années 2000 pour voir apparaître les premiers chantiers de plantations d'arbres feuillus en coulées agricoles. Vers les années 2015 à 2019, des projets de boisement de friches riveraines herbacées avec des arbres feuillus sont réalisés, notamment, le long des rivières Nicolet, Bécancour et Chibouet par les organismes de bassins versants, ainsi que par des équipes en foresterie dans les champs laissés en friche, afin d'améliorer la qualité des corridors forestiers riverains.

Même après plusieurs décennies, nombre de ces coulées ne se sont toujours pas reboisées naturellement. Elles demeurent des espaces enherbés avec présence d'arbres ou arbustes épars. Cette situation peut s'expliquer par un manque d'ensemencement naturel, des conditions de compaction importante en raison de l'ancien passage des animaux, la texture du sol, ou encore des conditions devenant rapidement sèches dans les secteurs en pentes, ou alors trop humides à leur base.

Au début des années 2020, la conservation des friches agricoles bénéfiques aux oiseaux champêtres amène le milieu professionnel à se questionner sur l'impact du boisement total de ces milieux redevenus naturels que sont les coulées. Des initiatives sont

alors mises en place pour les conserver à l'état de friche, puis des analyses du paysage sont réalisées par des spécialistes de la conservation afin de mieux comprendre la dynamique d'utilisation de ces secteurs par la faune.



Coulée en friche © Hélène Bernard, MAPAQ Mauricie

1.3 Pourquoi aménager une coulée agricole ?

L'aménagement des coulées agricoles peut poursuivre différents objectifs :

- prévenir ou corriger les phénomènes d'érosion qui y prennent place;
- apporter une valeur ajoutée au bénéfice des productrices et producteurs agricoles;
- bonifier la biodiversité du secteur et les services écologiques qu'elle supporte;
- améliorer la qualité de l'eau par un meilleur captage des sédiments et éléments nutritifs provenant de l'agriculture.

En fonction de la réglementation en vigueur, les cibles d'aménagement possibles sont multiples.

Un aménagement peut donc répondre à plusieurs objectifs et une même coulée peut accueillir plus d'un type d'aménagement. Notons par ailleurs qu'un propriétaire peut très bien décider de ne réaliser aucun aménagement sur le secteur, et laisser ainsi se produire une succession écologique spontanée.

Si l'on décide toutefois d'intervenir dans une coulée, le respect d'une démarche rigoureuse comme celle décrite ci-après peut contribuer à ce que l'aménagement réalisé atteigne les objectifs souhaités plus rapidement.

2. Gestion d'un projet d'aménagement et de valorisation d'une coulée agricole

Au moment de planifier un aménagement en zone agricole, s'informer des initiatives en cours dans le secteur auprès des différentes instances que sont les ministères provinciaux, les municipalités régionales de comté (MRC) et les municipalités apparaît judicieux. En effet, celles-ci pilotent et participent à plusieurs exercices de planification territoriale. Planifier l'aménagement d'une coulée agricole en complémentarité avec les plans régionaux en cours ne peut que favoriser l'atteinte de leurs objectifs. Les clubs-conseils en agroenvironnement (CCAÉ), les organismes de bassin versant (OBV) et les conseils régionaux de l'environnement (CRE), les conseillers forestiers sont parmi les organisations appelées à mettre en oeuvre des projets d'aménagement dans les coulées agricoles et connaissent habituellement ces initiatives.

En raison de leur veille constante en ce qui a trait à l'aménagement du territoire et à la protection du territoire agricole, les fédérations régionales de l'UPA participent à l'ensemble des planifications territoriales qui se réalisent dans leur région. Pour les organisations qui visent des projets en coulées agricoles, il est d'intérêt de communiquer avec elles avant d'approcher une productrice ou un producteur agricole dans le cadre d'un projet d'aménagement en zone agricole. Afin de planifier un aménagement en coulée agricole, les propriétaires agricoles, les techniciennes et techniciens, et autres spécialistes experts-conseil peuvent ensuite s'inspirer des étapes proposées ci-après.

2.1 Analyse préliminaire du site

L'analyse préliminaire du site et de ses environs revêt une grande importance, car elle permet d'identifier les zones d'interventions possibles et confirmer leur potentiel. Pour ce faire, différents outils à portée régionale permettent de contextualiser le secteur et d'en brosser un portrait.



Plantation en coulée agricole © UPA Montérégie

INFO-SOLS2

En milieu agricole, la plateforme Info-Sols est un des outils régulièrement consultés. Elle permet une bonne caractérisation préliminaire des éléments physiques du site et des environs, qui devra toutefois être validée lors d'une visite sur le terrain. On y retrouve notamment des outils de modélisation de la topographie et du ruissellement de surface, la cartographie du réseau hydrique et des milieux humides, ainsi que les divisions cadastrales.

L'outil permet, entre autres, de :

1. Favoriser une meilleure compréhension touchant la gestion de l'eau pour contribuer à réduire l'érosion des sols;
2. Faciliter la prise de décisions touchant l'aménagement et la gestion des sols et des cultures;
3. Repérer à l'intérieur des champs les endroits affectés par une érosion importante;
4. Repérer les surfaces plus humides du sol.

Autres outils utiles dont la mise à jour est régulière :

- La carte des occurrences d'espèces en situation précaire du Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ);
- La cartographie interactive Forêt ouverte et la plateforme Infotot du gouvernement du Québec;
- La carte interactive des milieux humides pour les secteurs habités du sud du Québec de Canards illimités;
- Le Schéma d'aménagement et de développement de la MRC concernée.



Aménagement d'une coulée agricole © CRECQ

L'analyse préliminaire devrait inclure les éléments suivants :

- Localisation du site et de son cadastre;
- Caractérisation biophysique: zone de rusticité, texture et drainage du sol, topographie et tracés d'écoulement, hydrographie, milieux naturels d'intérêt, cultures agricoles actuelles et passées, peuplements écoforestiers, présence d'érosion, durée d'ensoleillement, présences d'infrastructures aériennes, souterraines ou de surface, épaisseur du sol, présence ou non d'affleurements rocheux, ampleur de la compétition herbacée possible, présence de zones humides impropres à la plantation, présence d'espèces exotiques envahissantes, présence d'espèces indésirables en vue des plantations (castors, mulots, chevreuils);
- Analyse du système de drainage agricole (présence de drainage souterrain, drains perforés ou non perforés, localisation et stabilité de la sortie de drain, présence et stabilité des fossés de drainage);
- Conditions anthropiques (type de culture adjacente et rotation envisagée, pratiques agricoles et phytosanitaires adoptées, réalisations d'aménagements hydroagricoles antérieurs ou à venir);
- Identification des occurrences d'espèces en péril ou d'habitats fauniques essentiels sur le site et dans un rayon de 8 kilomètres;
- Évaluation de la participation du site à la connectivité naturelle régionale et des aménagements réalisés à proximité et des autres coulées présentes dans un rayon de 8 km (ex. : plantation de haies);
- Recensement des opportunités de restauration d'écosystèmes dégradés en lien avec les cibles de planification régionale;
- Revue du cadre réglementaire en vigueur sur le site en ce qui a trait notamment aux possibilités d'abattage d'arbres, aux prérogatives de respect de la bande riveraine, des milieux humides et hydriques, aux travaux de déblai ou d'excavation, à la gestion des remblais, aux ouvrages de drainage comme les sorties de drain (implantation ou réfection), aux travaux de protection contre l'érosion ou contre les glissements de terrain, aux préalables requis pour la réalisation de travaux dans les milieux sensibles comme les zones de contraintes relatives aux glissements de terrain, etc.



2.2 Identification des objectifs

Les objectifs visés par les projets d'aménagement en coulée agricole doivent être établis avec les productrices et producteurs agricoles en fonction des résultats de l'analyse préliminaire. Au préalable à une première rencontre, il demeure judicieux de se renseigner sur l'historique des lieux et des motivations des productrices et producteurs à aménager leur coulée.

Par la suite, une visite du terrain en compagnie des propriétaires sera le moment pour l'équipe d'intervention de tenter de concilier les objectifs de ceux-ci et le potentiel du site. L'occasion sera idéale pour jauger leurs préférences relativement aux types d'aménagement potentiels et aux contraintes éventuelles, en plus de permettre de cerner leur degré d'implication possible tant au niveau physique que financier.

Afin d'être supportée dans l'identification de scénarios d'aménagement qui répondent autant aux besoins des productrices et producteurs qu'aux différents impératifs agroenvironnementaux, l'équipe d'intervention peut s'appuyer sur l'arbre décisionnel. Selon le contexte, les priorités que dicte l'analyse du secteur et les productrices et producteurs agricoles, cet outil propose des recommandations d'aménagement ainsi que de pratiques à envisager en coulées agricoles et dans leur périphérie.

2.3 Conception de scénarios d'aménagement

Les motivations des productrices et producteurs agricoles sont maintenant connus et ils sont cohérents avec le potentiel biophysique du site. Il est maintenant possible de concevoir différents scénarios d'aménagement pour la coulée en

s'adjoignant, le cas échéant, l'expertise de services professionnels habilités. Comme énoncé précédemment, les scénarios élaborés peuvent inclure plus d'un type d'aménagement répondant à plus d'un objectif. Rappelons que l'un de ces scénarios peut très bien suggérer de ne pas intervenir si l'évolution naturelle envisagée sur le site concorde avec les objectifs visés par les propriétaires.

Éléments à évaluer pour le choix du scénario final

Pour faciliter la prise de décision des productrices et producteurs agricoles, il importe d'évaluer pour chacun des scénarios possibles :

- La cohérence avec les initiatives des partenaires régionaux;
- Les possibilités d'aide financière et technique;
- Les prérogatives en matière de préparation du terrain et de plantations (le cas échéant);
- Le choix, le format et le plan d'agencement des végétaux et autres structures proposés;
- Le calendrier, les coûts d'implantation et d'entretien ainsi que les suivis nécessaires à court et long terme;
- La réglementation en vigueur applicable. Pour ce faire, consultez d'abord la municipalité;
- La liste des études, autorisations et autres permis nécessaires ainsi que les frais reliés.

Une fois ces éléments évalués, les productrices et producteurs agricoles seront en mesure de prendre une décision éclairée et d'établir à leur convenance l'échéancier envisagé.

2.4 Mise en œuvre de l'aménagement

Il importe d'entrée de jeu de rappeler l'importance de bien effectuer les différentes étapes préalables à la mise en œuvre telles que décrites précédemment, à savoir :

- L'analyse préliminaire;
- La visite du site;
- L'identification des objectifs;
- L'élaboration de scénarios;
- La conceptualisation de l'aménagement retenu;
- La planification des travaux et des futurs entretiens;
- Les demandes de financement et de permis le cas échéant.

Cela permet de s'assurer d'être fin prêt pour commencer les travaux au moment opportun, par exemple à l'automne ou encore au printemps lorsqu'il s'agit de plantations. La prise en compte des facteurs naturels (type de sol, saison, types de végétaux, etc.) influence à coup sûr ce calendrier.

Notons de plus qu'en ce qui a trait à la planification des travaux, le calendrier de réalisation, élaboré en concertation avec les propriétaires, est habituellement tributaire des exigences liées aux sources de financement.

Deux saisons propices aux plantations

Les plantations d'automne sont possibles et assez fréquentes. Il importe toutefois de privilégier une période d'enracinement préhivernale plus longue dans les zones sujettes à diverses perturbations au moment de la fonte des neiges (dégâts causés par la glace riveraine, écoulement abondant dans la coulée,

etc.). En règle générale, on tentera de procéder à la mise en terre des végétaux en bas de talus au printemps pour favoriser leur enracinement.

Les plantations réalisées en haut de talus, moins sujettes aux aléas printaniers, pourront quant à elles être réalisées l'automne. Notons également que l'utilisation de plus grands formats de végétaux à la fin de l'été, quoique plus dispendieux, est une stratégie qui peut permettre une production racinaire plus rapide pour les secteurs qui le requièrent.

Puisque la réalisation de l'aménagement retenu peut s'échelonner sur plusieurs années, il importe de bien planifier les différentes étapes de mise en œuvre, incluant :

- Les relevés de terrain et la réalisation des plans et devis;
- L'achat du matériel et des végétaux (si requis);
- La préparation du terrain;
- L'implantation et les arrosages des végétaux (si requis);
- L'entretien sur cinq ans (voire plus s'il s'agit de productions qui le requièrent);
- Le suivi de l'aménagement (suivi annuel pendant quatre ans, puis une fois aux deux à trois ans).

Pour en apprendre davantage sur les différents types d'aménagements qui peuvent être réalisés en coulée agricole, consultez le chapitre 3 pour des aménagements relatifs aux problèmes d'érosion, le chapitre 4 pour des aménagements de bonification de la valeur utilitaire et le chapitre 5 pour les aménagements au bénéfice de la biodiversité.

The background features a light gray sky with three white, stylized clouds. At the bottom, there is a horizontal strip of green grass above a brown, layered soil profile. The text is centered in the upper half of the page.

3. Objectif 1 - Réduire l'impact de l'érosion dans les coulées agricoles

On observe de nombreuses coulées agricoles d'origine naturelle au Québec. L'abondance de ces morphologies dans le paysage témoigne de la constance des processus d'érosion à l'échelle géologique.

De nos jours, les processus d'érosion qu'on y retrouve sont toutefois plus actifs en raison de l'activité humaine. La linéarisation des cours d'eau et l'efficacité des réseaux de drainage agricole expliquent ce regain d'activité en partie, et l'intensification des épisodes de précipitations engendrée par les changements climatiques vient exacerber cette problématique.

3.1 Processus et sources d'érosion

Les processus d'érosion dominants dans les coulées agricoles varient en fonction de la position de la coulée à l'échelle de son bassin versant, mais aussi selon le type de sol, la végétation présente et la topographie du secteur.

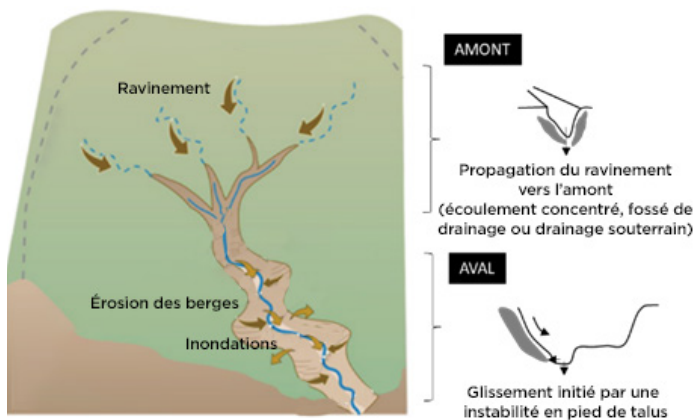


Figure 3.1 Variabilité des processus d'érosion dominants dans les coulées agricoles en fonction de leur position dans le bassin versant. Adapté de Thwaites et al. (2022)⁴.

À l'amont, la concentration d'écoulements de surface provoque l'érosion des sols et la création de rigoles et de ravins (figures 3.1 et 3.2). Le ravinement est particulièrement prononcé là où il rejoint la pente de la coulée. Typiquement, le ravinement se propage avec le temps vers l'amont, soit à l'intérieur des superficies cultivables, à moins de buter contre un obstacle non érodable sur le lit, tel qu'un affleurement rocheux ou la structure d'un ponceau. Ces processus

d'érosion aux champs sont souvent une reprise d'un processus de ravinement ancien aux endroits où une dépression a été partiellement comblée ou nivelée par la machinerie agricole. L'organisation du drainage de surface et souterrain influence également la localisation des principaux foyers d'érosion (figure 3.1).

En aval, la coulée agricole est généralement plus profonde. S'il y a présence d'un cours d'eau, celui-ci développe une sinuosité et s'écoule en partie dans sa plaine alluviale. Ainsi, il ne s'érode donc plus sur son lit (verticalement), mais plutôt au niveau de ses berges (horizontalement). Par une succession de processus d'érosion et de sédimentation, il y a avec le temps un déplacement progressif des méandres, lesquels butent occasionnellement sur les parois. Cela provoque des encoches d'érosion qui déstabilisent les parois et initient des mouvements de masse. Ces derniers canalisent fréquemment les écoulements de surface et favorisent d'autres processus d'érosion par ravinement en champs, formant de nouvelles coulées agricoles avec le temps.



Figure 3.2 Exemples de processus d'érosion dans les coulées agricoles en fonction de leur localisation dans le bassin versant (gauche : amont; droite : aval).

© Forêt Ouverte, <https://www.foretouverte.gouv.qc.ca>

Par ailleurs, la linéarisation de son tracé, l'augmentation de la vitesse d'écoulement ou encore l'amplification des débits en eau de son bassin versant sont autant de facteurs sujets à rendre un cours d'eau instable et engendrer de l'érosion verticale (figure 3.3).

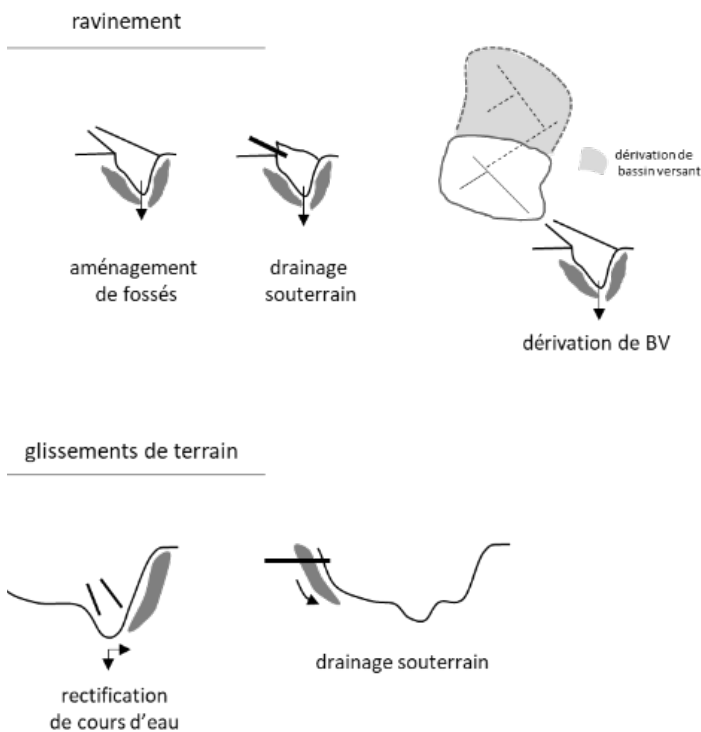


Figure 3.3 Facteurs anthropiques à l'origine de processus d'érosion dans les coulées agricoles. © Sylvio Demers

Ces cours d'eau surcreusent alors leur lit et provoquent un affouillement (note 1) au pied des versants. Ce recul du pied de talus par l'érosion du cours d'eau est fréquemment le point de départ des glissements de terrain.

3.2 Prévention en matière de glissement de terrain

Un glissement de terrain peut être défini comme le mouvement vers le bas d'une masse de sols le long d'une surface de rupture, qui s'amorce dans un talus sous l'effet de la gravité⁵ (figure 3.4).

Les glissements de terrain demeurent généralement des phénomènes naturels. Comme pour les coulées agricoles dans lesquelles ils sont sujets à se produire, leur manifestation résulte de la combinaison de facteurs aggravants ou déclencheurs, notamment la présence d'érosion (figure 3.5), l'inclinaison

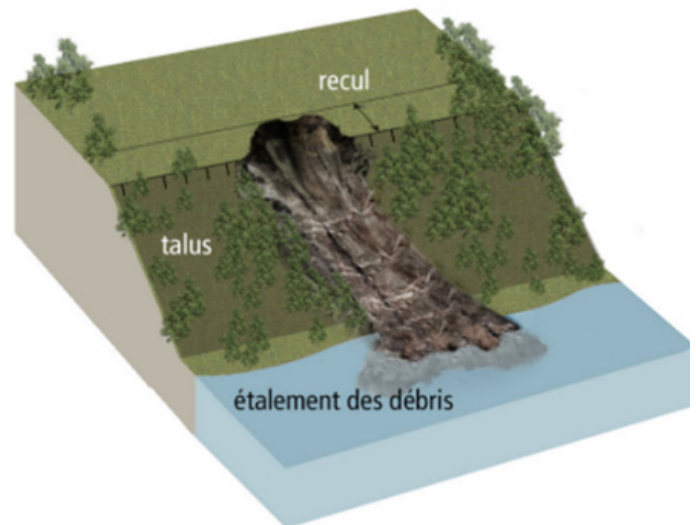


Figure 3.4 Illustration d'un glissement de terrain. © Ministère des Transports et de la Mobilité durable (MTMD)

de la pente, les propriétés géologiques et géotechniques des sols, les conditions d'eau souterraine, etc. Ils surviennent majoritairement au printemps et à l'automne, lorsque les pressions d'eau dans les sols sont élevées et donc néfastes à la stabilité des talus.

Néanmoins, leur distribution dans le temps est irrégulière et leur fréquence peut être augmentée par des événements météorologiques extrêmes. En outre, les glissements peuvent être provoqués par des interventions d'origine anthropique telles que du remblai, de l'entreposage de matériaux en haut de talus, la circulation de la machinerie ou l'excavation, etc.



Figure 3.5 L'érosion en bas de talus peut déclencher un glissement de terrain. © Ministère des Transports et de la Mobilité durable (MTMD)

¹ Érosion suivie du lessivage de la berge d'un cours d'eau sous l'effet du courant, pouvant engendrer l'effondrement de son talus.

En zone agricole, un glissement de terrain peut constituer une menace à la sécurité des personnes et des biens de plusieurs façons. Premièrement, le déplacement de la masse de sols au sommet et dans le talus peut emporter la parcelle en culture et les infrastructures situées sur la portion de terrain en mouvement (figure 3.6).



Figure 3.6 Exemple de glissement de terrain affectant l'intégrité d'un bâtiment agricole. © Ministère des Transports et de la Mobilité durable (MTMD)

Deuxièmement et bien que plus rare dans le cas des coulées agricoles, l'impact potentiel associé à la propagation de la masse qui glisse à la base du talus, qu'on appelle débris, peut menacer la sécurité des personnes et ensevelir ou endommager de manière importante les biens situés en contrebas. Selon leur type, les glissements de terrain peuvent présenter des caractéristiques très différentes et atteindre des dimensions variables. Ceux qui surviennent dans les sols argileux sont les plus préoccupants, car ils sont les plus fréquents et peuvent, lorsque certaines conditions sont réunies, atteindre de très grandes dimensions.

La majorité des glissements de terrain sont causés par des facteurs naturels, comme l'érosion de la base du talus par le cours d'eau, les pluies fortes et prolongées, la fonte rapide de la neige, combinés aux propriétés des sols⁶. À partir des cas signalés aux autorités gouvernementales depuis les années 70, on constate toutefois que plus de 40 % des

glissements survenus au cours des dernières décennies sont associés à des interventions humaines pouvant nuire à la stabilité des talus.

Certaines interventions en milieu agricole peuvent contribuer à diminuer le niveau de stabilité des pentes ou à déclencher un glissement de terrain. Les pratiques à suivre pour prévenir les glissements de terrain impliquent d'éviter ce type d'intervention en portant une attention particulière à celles qui augmentent le poids en haut du talus. Les principales interventions auxquelles on peut penser et qui sont néfastes à la stabilité d'un talus sont :

- *Le remblayage d'une coulée agricole*, d'un terrain à faible pente en bout de champ ou encore d'une cicatrice de glissement de terrain dans le but d'agrandir la superficie cultivable;
- *L'aménagement d'un chemin de ferme* dans le talus, réalisé par remblayage de la partie supérieure du talus ou encore en excavant le pied du talus d'une coulée;
- *L'entreposage d'équipements* ou de matériels en sommet de talus (ex. : fumier, balles de foin);
- *L'entreposage de neige* en période hivernale en sommet de talus, en raison de son poids et de l'apport en eau lors de la fonte;
- *L'installation d'un ponceau* impliquant des activités d'excavation du pied du talus;
- *L'aménagement d'une station de pompage* ou d'une *aire d'abreuvement* pour des animaux en pâturage en contrebas d'un talus impliquant du remblai et/ou de l'excavation;
- Toutes les *interventions entraînant des concentrations d'eau vers la pente* comme un drain se déversant dans le haut du talus ou dans un talus sans en limiter l'impact érosif et sans en favoriser l'infiltration dans les sols.

Mise en garde

Pour de telles interventions en coulée agricole, il est recommandé de recevoir une approbation préalable provenant d'un service d'expertise en géotechnique, et ce afin de les réaliser dans le respect des lois et des règlements en vigueur. De plus, certains types d'aménagement pourraient devoir faire l'objet de l'avis d'un bureau d'ingénierie en géotechnique lorsqu'ils se réalisent en zones de contraintes relatives aux glissements de terrain, tel que le décrivent les schémas d'aménagement des MRC (voir le chapitre 3.9 – Vérification du cadre normatif en vigueur pour les interventions projetées en coulée agricole).

Il est à noter que certains types d'aménagement agricoles, comme l'aménagement de risbermes (note 2), peuvent impliquer des activités de remblayage en sommet de talus (figure 3.7). Ce type de remblai n'est toutefois pas considéré comme étant préjudiciable à la stabilité des talus si son épaisseur est de moins de 30 cm suivant le profil naturel du terrain (par la faible épaisseur de remblai qu'il nécessite, l'aménagement d'une risberme en sommet de talus n'est pas visé par le cadre normatif. Ce dernier assure le contrôle de l'utilisation du sol dans les zones de contraintes relatives aux glissements de terrain dans les dépôts meubles). L'eau de drainage de surface recueillie par la risberme ne doit toutefois pas être dirigée en sommet ou dans le talus sans être captée et acheminée au pied de talus, de manière à ne pas créer de l'érosion.

Zones de contraintes naturelles

Le ministère des Affaires municipales et de l'Habitation (MAMH) considère comme zones de contraintes naturelles les zones sujettes aux inondations, à l'érosion, aux glissements de terrain et/ou à divers autres aléas naturels (écroulements rocheux, affaissements, effondrements, avalanches, séismes, etc.).



Figure 3.7 Travaux d'aménagement d'une risberme associée à un déversoir enroché qui, à terme, permet de limiter l'érosion et le transport de particules de sol vers les cours d'eau. © Hélène Bernard, MAPAQ Mauricie

² Petit talus de protection aménagé en terre agricole afin d'orienter le ruissellement de surface vers un endroit aménagé spécifiquement pour le recueillir (ex. : ouvrage hydroagricole).

Que faire en présence d'un glissement de terrain de terrain ?

En présence d'un glissement de terrain dont le talus fait plus de 4 mètres, il est recommandé de le signaler à sa municipalité. S'il y a des enjeux de sécurité civile, cette dernière devrait alors informer la direction régionale du ministère de la Sécurité civile afin que la situation puisse être, au besoin, évaluée par des spécialistes qui pourront alors donner un avis technique sur la situation et recommander, le cas échéant, les mesures à prendre afin d'assurer la sécurité des lieux à court terme et d'éviter de détériorer les conditions de stabilité du site. Mentionnons qu'un glissement de terrain important se produisant au bout d'un champ peut parfois présenter un danger pour la sécurité des biens ou des personnes situés loin de la zone d'amorce.

S'il est envisagé de réparer un glissement de terrain ou de stabiliser une pente par rapport au danger de glissement de terrain, les travaux de stabilisation doivent être dimensionnés et supervisés par un service d'ingénierie spécialisé en géotechnique. Le dimensionnement d'éventuels travaux de stabilisation devrait être basé sur les résultats d'une étude géotechnique permettant de caractériser la nature et les propriétés des sols de même que les conditions d'eau souterraine. L'avis de spécialistes en hydraulique est également nécessaire pour le dimensionnement d'une protection contre l'érosion à la base du talus situé en bordure d'un cours d'eau. Ce genre de travaux nécessitent également diverses autorisations préalables, notamment environnementales.



© UPA Centre-du-Québec

3.3 Pratiques bénéfiques au champ en matière de prévention de l'érosion dans un contexte de coulée agricole

En milieu agricole, les coulées peuvent être cultivées ou bordées par des champs cultivés. Du point de vue du cours d'eau, de la coulée qui le borde et de leurs écosystèmes, le champ est donc un voisin intime qui exerce une influence notable. D'ailleurs, la topographie naturelle et l'abaissement de buttes qui y est réalisé mécaniquement au fil des ans font en sorte que les sections des champs les plus près des coulées sont souvent en pente forte.

Dans ce contexte, les pratiques bénéfiques commencent donc par des pratiques culturales permettant de réduire l'érosion des sols agricoles. À ce niveau, ce sont les cultures pérennes⁷ qui sont les championnes dans cette catégorie. La culture de plantes fourragères est donc à privilégier, que ce soit en champ complet, dans la section du champ la plus pentue ou en bande élargie en haut de talus (figure 3.8).

Les bienfaits des cultures pérennes contre l'érosion sont perceptibles toute l'année, surtout au printemps durant la fonte des neiges alors que les risques d'érosion sont les plus élevés; les racines tiennent le sol en place, augmentent la porosité des sols et facilite l'infiltration de l'eau. Ainsi, la quantité d'eau qui ruisselle y est moindre par rapport à un sol à nu. Tout ruissellement résiduel se retrouve par ailleurs ralenti par le couvert végétal en place.

Finalement, rappelons que les plantes fourragères commencent à utiliser l'eau du sol pour croître dès que la saison végétative commence, soit lorsque la température atteint 5 degrés Celsius, facilitant ainsi l'infiltration de l'eau et diminuant l'effet du ruissellement de surface tôt au printemps.

Si l'entreprise agricole ne produit pas de foin ou ne peut échanger ses terres en pente avec des exploitations voisines, qui elles en produisent, il n'en reste pas moins que la couverture des sols demeure essentielle pour prévenir l'érosion. Parmi les autres options à envisager, l'incorporation des céréales d'automne⁸ dans la rotation des cultures permet de couvrir le sol tout l'hiver suivant le semis.



Figure 3.8 Implantation de luzerne en bande élargie en haut de talus, près d'une coulée. Cette bande, assez large pour être récoltée, protège le haut de la coulée de l'érosion. © MAPAQ Mauricie

Le blé et le seigle d'automne, notamment, peuvent être semés en prédéfoliation ou après la récolte du soya, ce qui permet d'assurer une couverture hivernale dans cette culture.



Figure 3.9 Culture intercalaire de ray-grass dans le maïs © MAPAQ Mauricie

Pour assurer une couverture toute l'année, des cultures de couverture⁹ peuvent par la suite être introduites très tôt au printemps par vasage (note 3) ou à la dérobée, après la récolte. Dans le maïs, par exemple, les cultures intercalaires offrent de la résistance à l'écoulement de l'eau en zone pentue, ce qui est particulièrement important si les champs sont cultivés dans le sens de la pente afin d'assurer un bon égouttement (figure 3.9). Ainsi, le couvert végétal joue un rôle primordial contre l'érosion du sol.

Finalement, l'adoption du travail réduit du sol¹⁰ ou du semis direct¹¹ devrait aller de soi en périphérie des coulées agricoles afin de limiter l'érosion des

sols. Ces techniques visent à laisser un maximum de résidus de culture au champ pour qu'ils protègent le sol de l'érosion de surface. Ces résidus ralentissent en effet la vitesse de l'eau qui ruisselle et absorbent l'énergie cinétique des gouttes de pluie, réduisant ainsi la désagrégation des particules de sol et leur transport vers la coulée, et ultimement vers le cours d'eau situé en contrebas. Ajoutée à cela, la pratique de la culture à contre-pente peut aussi être envisagée; l'eau s'écoulera alors de manière perpendiculaire aux sillons créés par les travaux au champ et sa vitesse en sera réduite.

3.4 Érosion située au niveau des sorties de système de drainage souterrain

Les bris de sorties de drainage souterrain sont fréquemment à l'origine de problématiques d'érosion dans les coulées agricoles (figure 3.10). Préventivement, une vérification de chaque sortie de drain au printemps et à l'automne est nécessaire, accompagnée de réparations au besoin. Il faut privilégier l'aménagement de la sortie de drain le plus bas possible dans le talus, en utilisant un tuyau rigide non perforé tout le long de la section abrupte de la pente. À son extrémité, l'eau doit pouvoir s'écouler sur du géotextile recouvert d'une couche de pierres dynamitées dans le but d'éviter tout ravinement du sol (figure 3.11). S'il est impossible d'aménager la sortie de drain en pied de talus, un tuyau flexible non perforé de même diamètre peut être installé à la surface afin que l'eau soit dirigée par tuyau jusqu'au pied de talus (figure 3.12). Autrement, une chute enrochée peut être aménagée jusqu'au cours d'eau.

³ Technique sans préparation de sol où la semence est envoyée à la volée alors que le sol est encore gelé, de façon à ce que l'action du gel et du dégel fasse pénétrer la semence dans le sol et qu'elle puisse germer avec les premiers rayons du soleil.



Figure 3.10 Problème d'érosion du talus d'une coulée agricole en raison de l'eau sortant des drains. © MAPAQ Mauricie



Figure 3.11 Sortie de drain aménagée et protégée en pied de talus. © MAPAQ Mauricie



Figure 3.12 Sorties de drains rallongées jusqu'au pied de talus avec des tuyaux flexibles non perforés. © MAPAQ Mauricie

3.5 Phénomènes érosifs causés par le ruissellement de surface

Des ravinements profonds dans le haut du talus peuvent être provoqués par un volume important de ruissellement de l'eau de surface (figure 3.13), ce qui est une problématique courante en contexte agricole. En effet, toute opération qui affecte la répartition des eaux de surface (ex. : remblayer des fossés, enlever les planches), tout comme la topographie naturelle ou modifiée des champs, crée parfois des endroits où se concentre l'écoulement de l'eau.

Dans de tels cas de figure, l'aménagement d'un déversoir enroché entouré de risbermes permet de protéger le talus (figure 3.14). Il peut également être pertinent de revoir la manière dont le ruissellement des eaux de surface est réparti dans le champ afin d'en diminuer le volume qui se concentre à un endroit précis. Notons également que le non-travail du sol au printemps ou à l'automne dans les zones d'écoulements préférentiels permet de protéger le sol de l'apparition de ravines en surface.



Figure 3.13 Bris du haut de talus par le ruissellement de surface provenant du champ. © MAPAQ Mauricie



Figure 3.14 Aménagement d'une risberme dirigeant l'eau de surface vers un déversoir enroché. © MAPAQ Mauricie

Parfois, les fossés ou rigoles de drainage dirigent l'eau qu'ils recueillent vers une coulée agricole, provoquant ainsi un phénomène d'érosion par ravinement vers l'amont et un bris des talus adjacents de la coulée (figure 3.15).

Pour pallier ce problème, une des solutions à envisager est l'aménagement d'un ponceau-avaloir (figure 3.16) ou encore un enrochement de fond de fossé (figure 3.17). L'aménagement d'un avaloir permet en effet de faire transiter l'eau par une conduite souterraine depuis un fossé agricole vers un cours d'eau, ralentissant l'écoulement de l'eau et diminuant par le fait même les risques d'érosion. La sortie de cette conduite étant située dans le talus d'une coulée agricole, les pratiques bénéfiques en matière d'aménagement de sorties de drainage souterrain doivent bien entendu être respectées.



Figure 3.15 Bris du talus de la coulée au niveau de la confluence d'un fossé de drainage. © MAPAQ Mauricie



Figure 3.16 Aménagement d'un ponceau-avaloir. © MAPAQ Mauricie

Afin de réduire la vitesse de l'eau qui circule dans les fossés de drainage dont la pente est supérieure à ce que le type de sol peut supporter sans s'éroder, l'aménagement de seuils est également à considérer (figure 3.18). En diminuant la vitesse de l'eau, les seuils dans les fossés limitent l'apparition de zones d'érosion. Lorsque la pente des fossés est trop élevée, l'enrochement complet du lit du fossé est à prévoir.

Afin de ralentir davantage la vitesse de l'eau, le niveau d'eau qui s'accumule dans les seuils peut par ailleurs être régulé par un avaloir.



Figure 3.17 Enrochement de fond de fossé de drainage en pente forte. © Chloé Boucher-Ravenhorst



Figure 3.18 Seuils aménagés dans un fossé de drainage © Chloé Boucher-Ravenhorst

L'ajout de pierres dynamitées au fond du fossé en aval de l'avaloir permet de limiter l'érosion du lit lors d'épisodes de précipitations intenses où l'eau passe par-dessus l'avaloir et le seuil, soit lorsque le débit est si élevé que l'aménagement ne peut le traiter à lui seul (figure 3.19).



Figure 3.19 Seuil avec avaloir et fossé enroché © MAPAQ Centre-du-Québec

3.6 Gestion du ruissellement de surface à l'aide de travaux de stabilisation et de végétalisation

La végétalisation d'une coulée agricole par la plantation d'arbustes permet d'accroître sa stabilité. Toutefois, avant d'improviser un aménagement dans un tel contexte, une analyse détaillée du site est nécessaire afin de déterminer judicieusement les techniques à utiliser.

Rappelons par ailleurs qu'en situation où l'érosion pourrait déclencher un glissement de terrain (mouvements de masse), il sera sans doute nécessaire d'adopter une approche mixte ou complémentaire à la seule végétalisation, et que les services d'un bureau d'ingénierie en géotechnique seront alors requis. En effet, avant de réaliser des travaux qui vont venir modifier la pente d'un talus, il est recommandé de procéder à une évaluation du risque ou de la stabilité des pentes par des spécialistes compétents.

En règle générale, les approches de végétalisation varient selon la section du talus qui doit être aménagée. On distingue alors le replat du talus, de sa berge et de sa pente (figure 3.20). De plus, les approches décrites dans le tableau 3.1 prennent en compte principalement les sols argileux puisqu'au Québec, les coulées agricoles se forment principalement dans ce type de sol.



Figure 3.20 Berge reprofilée avec cornouiller stolonifère et pieux avec fascines de saules en pied de berge © Charles Lussier

Note

Pour un talus d'une hauteur de 4 mètres et moins, des travaux de reprofilage avec de la machinerie et des plantations de végétaux sont appropriés. Pour un talus de plus de 4 mètres de hauteur, une étude géotechnique est suggérée avant de poursuivre la planification des travaux de végétalisation, engendrant des coûts supplémentaires. De plus, l'utilisation des arbres, ici, inappropriée dans un contexte de stabilisation d'une coulée agricole en raison de l'ombre ainsi créée qui nuit au développement de la sous-strate arbustive composée uniquement d'espèces de lumière aux propriétés davantage stabilisantes. Néanmoins, la consultation préalable de la cartographie des zones de mouvement de sol incluses dans les schémas d'aménagement des MRC demeure essentielle.



© Charles Lussier

Tableau 3.1 Approches de végétalisation

Berge et pente d'une coulée agricole (sols argileux)

Techniques recommandées	<ul style="list-style-type: none">• Sous la recommandation de spécialistes, faire reprofiler le talus et/ou procéder à l'enrochement du pied par une personne compétente;• Utiliser du paillis biodégradable (2,7 MIL, ex. : BIO360 certifié BPI) ou de plastique (4 MIL), ou ensemercer la zone avec un mélange de plantes herbacées basses qui agira à titre de couvre-sol contrant la compétition de la végétation indésirable après le reprofilage;• S'il y a absence d'enrochement au niveau du pied de berge et que cette intervention n'est pas nécessaire, retenir les services de spécialistes en techniques de génie végétal afin de contrôler l'érosion : fascines, boudins, fagots, plançons, lits de branches, etc.
Végétaux suggérés	<ul style="list-style-type: none">• Espèces d'arbustes indigènes à stolons, performants pour la stabilisation;• Suggestions en bas de pente : saule discolore, saule pétiolé, saule rigide, saule brillant;• Suggestion en haut de pente : cornouiller stolonifère;• Éviter l'implantation du saule d'intérieur en raison de sa facilité à envahir les champs agricoles.

Replat de la coulée agricole (sols argileux)

Techniques recommandées	<ul style="list-style-type: none">• Préparer le sol en procédant à des travaux d'ameublissement mécanique (rotocultage);• Utiliser un paillis de plastique (4 MIL) ou des biodisques composés de nattes de coco (diamètre de 45 cm ou plus);• Prévoir une largeur d'aménagement minimale de 2 mètres à partir de la rupture de pente afin d'optimiser l'effet tampon et la stabilisation des sols en haut de pente;• Se référer au cadre normatif en vigueur en matière de protection des cours d'eau et de bandes riveraines afin de statuer sur la largeur minimale à respecter d'un point de vue réglementaire.
Végétaux suggérés	<ul style="list-style-type: none">• Espèces d'arbustes indigènes pourvus de systèmes racinaires s'étalant sur plus d'un mètre en surface;• Suggestions sur un replat de talus de 2 mètres : viorne trilobée, sureau blanc, physocarpe à obier, aronie noire;• Suggestions sur un replat de talus de plus de 2 mètres : privilégier une grande diversité d'espèces arbustives de hauteurs et de ports divers, en incluant notamment les spirées, les amélanchiers et les chèvrefeuilles du Canada;• Poser des protecteurs à cerfs de 60 cm (selon la densité régionale) pour les arbustes de replat et les remonter annuellement afin de protéger la cime de l'arbre jusqu'à ce qu'il atteigne 2 mètres de haut;• Concevoir l'aménagement de façon à diversifier la période de floraison des végétaux implantés, le tout au bénéfice des pollinisateurs et des oiseaux.



La brochure; La stabilisation des pentes¹² qu'a produite la Société québécoise de phytotechnologie illustre plusieurs méthodes de stabilisation de talus à l'aide de végétaux.

Par ailleurs, plusieurs guides et outils exhaustifs listant les végétaux recommandés pour les initiatives de végétalisation existent au Québec. N'hésitez pas à les consulter!

Pour en apprendre davantage

Boulet, G., Brassard-D'Astous, É., Comtois, M., Daigneault, L., Dupras, I., Gosselin, A., Hamelin, N., Laramée, L., Michaud, C., Mongeau, B., Rochefort, S. (2008). *Répertoire des végétaux recommandés pour la végétalisation des bandes riveraines du Québec*. Fédération interdisciplinaire de l'horticulture ornementale du Québec, 28 p. <https://quebecvert.com/medias/D1.1.5B-1.pdf>

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2017). *Arbres et arbustes à utiliser pour la végétalisation des terrains réhabilités par analyse de risque*. 34 p. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/sol/terrains/guide-plantation.pdf>

Recherche de plantes recommandées pour la végétalisation des bandes riveraines du Québec, sur le site Fédération interdisciplinaire de l'horticulture ornementale du Québec, consulté le 23 novembre 2023. <http://vegetaux.fihq.com/>

Cogliastro, A., Vézina, A., Rivest, D. (2022). *Guide d'aménagement de systèmes agroforestiers*. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, 97 p.

Lors de travaux d'aménagement de berges, il est recommandé de prévoir un calendrier de plantation au printemps (mai-juin) afin de favoriser un enracinement adéquat des végétaux permettant leur maintien en place à la prochaine fonte des neiges. En cas de conditions caniculaires lors de la première année suivant leur plantation, il importe également de prévoir le nécessaire pour

procéder à une opération d'arrosage. L'observation des conditions météo et des tendances à moyen terme demeure essentielle afin de compter sur un sol meuble et humide au moment de la mise en terre des végétaux.

Normalement, les plantations ayant été réalisées dans les règles de l'art devraient afficher un taux de survie minimum de 85 % après 2 ans.

La planification de l'entretien est primordiale pour tout projet de plantation. Dans l'objectif d'assurer sa pérennité, il importe en effet de prévoir dès le départ les ressources techniques et financières nécessaires afin de :

- Remplacer les végétaux morts dans les deux ans suivant la plantation;
- Effectuer des travaux annuels de débroussaillage lors des 5 premières années suivant la plantation afin de garder la cime des arbres bien dégagée;
- Vérifier l'état du paillis et des protections contre les cerfs, remonter ces dernières au besoin;
- Procéder à l'abattage ou l'arrachage d'espèces envahissantes (érable à Giguère, nerprun bourdaine, etc.) dans le cadre de travaux de suivis à chaque 3 ans.

3.7 L'érosion en coulée agricole : agir ou ne pas agir ?

Au Québec, il a longtemps été d'usage de contrer de façon systématique les processus d'érosion. L'érosion était simplement perçue comme un dysfonctionnement, une anomalie nécessitant d'être corrigée.

Plus récemment, le concept d'espace de bon fonctionnement d'un cours d'eau (aussi appelé espace de liberté) vient nuancer cette perception¹⁴. Ce concept nous enseigne que l'érosion est un processus naturel normal, sinon essentiel pour préserver l'intégrité du milieu hydrique¹⁵. Il nous apprend aussi que le laisser-faire (ou restauration passive) est une stratégie de gestion de l'érosion valide par son raisonnement écologique, mais aussi

économique. À long terme, il est plus rentable de ne pas intervenir que de tenter de maîtriser à répétition des environnements fondamentalement dynamiques¹⁶.

Arguments POUR le laisser-faire

- L'érosion dans les coulées agricoles est causée par des perturbations d'origines anthropiques irréversibles, souvent de nature hydrologique. À long terme, il est illusoire d'espérer contrer l'ajustement de l'ensemble des coulées agricoles par la stabilisation. La stabilisation ne contribue par ailleurs qu'à déplacer les foyers d'érosion actifs. L'ajustement des morphologies étant irrémédiable, il faut plutôt agir sur la cause fondamentale des perturbations, soit l'accentuation des débits en eau causée notamment par les changements climatiques et certaines activités anthropiques.
- Dans plusieurs régions du Québec, le coût de la stabilisation dépasse la valeur des superficies cultivables qu'elles ont pour vocation de protéger.
- Dans certains cas, grâce à l'atténuation naturelle de la pente qui survient au gré des phénomènes érosifs, un équilibre finit par se mettre en place et le secteur se stabilise de lui-même.

Arguments CONTRE le laisser-faire

- À court terme, l'ampleur des processus d'érosion et la mobilisation massive de matières en suspension constituent une menace sérieuse pour la qualité de l'eau et la biodiversité des milieux hydriques, humides et riverains situés en aval.
- La recherche d'un nouvel équilibre établi naturellement n'est pas une cible réaliste à court, voire à moyen terme. Sans prétendre interférer avec l'évolution des systèmes fluviaux, la gestion de l'érosion permet d'en atténuer momentanément les manifestations les plus dramatiques pour le bénéfice des activités agricoles, de la qualité de l'eau et de la biodiversité de tout l'agroécosystème.

- Les arguments économiques du type avantages-coûts s'intéressant au point de vue collectif et pas uniquement à la situation financière des propriétaires agricoles pris individuellement justifient les interventions pour limiter l'érosion à court et moyen terme.
- Les structures anthropiques déficientes qui sont à l'origine de problématiques d'érosion, tels les bris de sorties de drain souterrain, devraient être réparées et adaptées à la dynamique hydrique du cours d'eau.

Avant de planifier la réalisation d'un aménagement visant à résoudre une problématique d'érosion en contexte de coulée agricole, il importe au préalable de :

- Faire preuve de jugement et favoriser une approche au cas par cas;
- Réfléchir aux causes fondamentales des perturbations observées (souvent hydrologiques) et tenter si possible d'agir directement sur elles;
- Intervenir en priorité sur les processus d'érosion au champ et sur le replat de la coulée. Pour ce qui est des processus d'érosion évoluant sur les berges du cours d'eau ou encore dans le fond de la coulée, n'intervenir que si les enjeux le justifient;
- L'approche du laisser-faire ne devrait pas s'appliquer dans le cas de bris de sorties de drain ou de toute autre manifestation de l'érosion provoquée directement par des structures anthropiques.

3.8 Maîtrise de l'érosion du lit du cours d'eau

L'érosion verticale se propage de l'aval vers l'amont. On la remarque par la présence d'un ou plusieurs rebonds dans le profil en long du cours d'eau¹⁷. Sans obstruction, ce rebond migre vers l'amont en reprofilant petit à petit le cours d'eau – on parle d'une érosion régressive (figure 3.21).

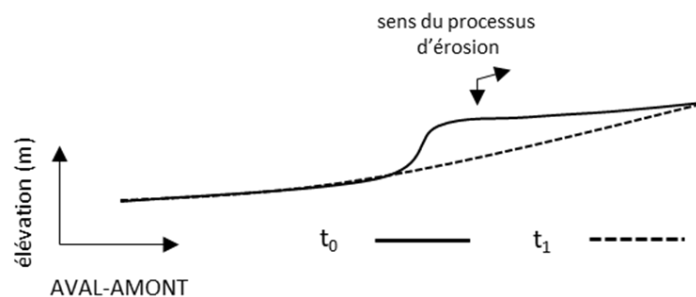


Figure 3.21 Phénomène d'érosion régressive © Sylvio Demers
t0 : position actuelle | t1 : position anticipée dans le futur.

En milieu agricole, l'érosion régressive bute fréquemment contre la structure des ponceaux, lesquels agissent comme des seuils empêchant l'abaissement du niveau du lit. C'est pourquoi il existe parfois des chutes prononcées à l'embouchure de ponceaux où le lit s'est abaissé historiquement (figure 3.22). Une dimension de ponceau trop petite, provoquant un débit excessif à l'aval de celui-ci, peut aussi – et dans certains cas – expliquer ce phénomène d'affouillement.

L'érosion verticale du lit (note 4) dans les cours d'eau est un processus peu perceptible, mais il est souvent un prélude à d'autres mécanismes d'érosion qui vont mener à la perte de superficies agricoles, souvent par mouvements de masse. En certaines circonstances, on peut donc vouloir limiter l'érosion du lit.



Figure 3.22 Radier de ponceau agissant comme un seuil. Notez l'abaissement du lit en aval de la structure. © Sylvio Demers

⁴ On réfère à l'érosion verticale comme une baisse soutenue du niveau du lit. On la nomme aussi incision ou régression de fond. Nous excluons ici les cas de ravinement « aux champs ».

Néanmoins, l'érosion verticale est un processus souvent transitoire. À terme donc, il se résorbe. C'est pourquoi il faut agir au bon endroit au bon moment afin d'en prévenir l'occurrence.

Pour ce faire, il existe plusieurs stratégies. La plus connue consiste à réduire l'érosion verticale par l'ajout de structures rigides transversales sur le lit du cours d'eau. Ces seuils sont le plus souvent construits en bois, en roches ou en béton.

Il n'est pas recommandé d'agir sur un lit déjà érodé (donc stable)¹⁷. Cependant, il peut être recommandé d'intervenir pour freiner l'abaissement du lit à l'endroit d'un phénomène d'érosion régressive, avant que le lit ne s'abaisse. Surtout, il faut anticiper l'érosion régressive conséquente au retrait d'un ponceau où le lit s'est déjà abaissé en aval. Au besoin, le ponceau peut être remplacé par un seuil rigide pour empêcher la reprise du processus d'érosion.

Une autre option consiste en l'ajout d'obstructions au transit sédimentaire. Cela a pour effet de ralentir le processus d'érosion en ralentissant la vitesse d'écoulement de l'eau. Selon le type de structure utilisée, le lit peut aussi se renflouer en sédiments jusqu'à en rehausser le niveau avec le temps. On peut utiliser cette technique afin de reconnecter le cours d'eau avec sa plaine inondable en période de crue, ce qui contribue d'autant mieux à en dissiper l'énergie et contrer l'érosion.



© UPA Montérégie

Les personnes intéressées à en savoir plus sont invitées à consulter le guide « Low-Tech Process Based Restoration of Riverscapes »¹⁸.

Ces obstructions sont constituées d'amas d'arbres morts ancrés sur le lit ou de structures transversales plus ou moins poreuses aux écoulements (figure 3.23). Ces techniques sont typiquement moins chères et multifonctionnelles, au sens où elles contribuent à de nombreux cobénéfices environnementaux, notamment pour la biodiversité.



Figure 3.23 Exemples de l'utilisation d'obstructions pour contrer l'érosion du lit. © UPA Montérégie

Les interventions de ce type peuvent nécessiter des autorisations municipales et ministérielles. Consultez le cadre normatif en vigueur dans votre région afin d'en connaître davantage.

3.9 Vérification du cadre normatif en vigueur pour les interventions projetées en coulée agricole

Lorsque l'on souhaite effectuer des travaux de terrassement ou de construction en milieu agricole, notons qu'il existe des normes à respecter relativement aux glissements de terrain en zones de contraintes cartographiées par rapport à cet aléa.

Une « zone de contraintes relatives aux glissements de terrain » est une portion de territoire dans laquelle s'applique une réglementation particulière en raison des caractéristiques qui prédisposent celle-ci aux glissements de terrain (hauteur, inclinaison et type de sol). Une « zone de contraintes relatives aux glissements de terrain » se compose d'un talus (pente) et des bandes de protection situées au sommet et à la base de ce talus.

Des cartes de contraintes relatives aux glissements de terrain sont produites aux fins d'aménagement du territoire et de contrôle de l'utilisation du sol. Elles sont intégrées aux documents de planification et à la réglementation municipale (cadre normatif pour le contrôle de l'utilisation du sol dans les zones de contraintes relatives aux glissements de terrain dans les dépôts meubles)¹⁹. Ces cartes identifient notamment les talus selon le type de dépôts meubles et leur inclinaison.





Les terrains en pente de moins de 4 mètres ne sont pas visés par la cartographie et ne font donc l'objet d'aucun contrôle de l'utilisation du sol relativement aux mouvements de terrain. En effet, bien que des glissements de terrain mineurs puissent y survenir, les conséquences qui y sont associées sont généralement de moindre importance.

Pour savoir si cette cartographie existe dans une région donnée, vous pouvez vous informer auprès du service d'urbanisme de la municipalité ou de la MRC concernée. Dans le cas de territoire cartographié après 2004, les données sont aussi disponibles sur le site Données Québec²⁰.

En vertu de la Loi sur l'aménagement et l'urbanisme, les municipalités doivent réglementer ces « zones de contraintes ». En soutien aux municipalités, le gouvernement du Québec produit des cartes de zones de contraintes et établit les normes minimales qui doivent y être appliquées. Ces cartes sont

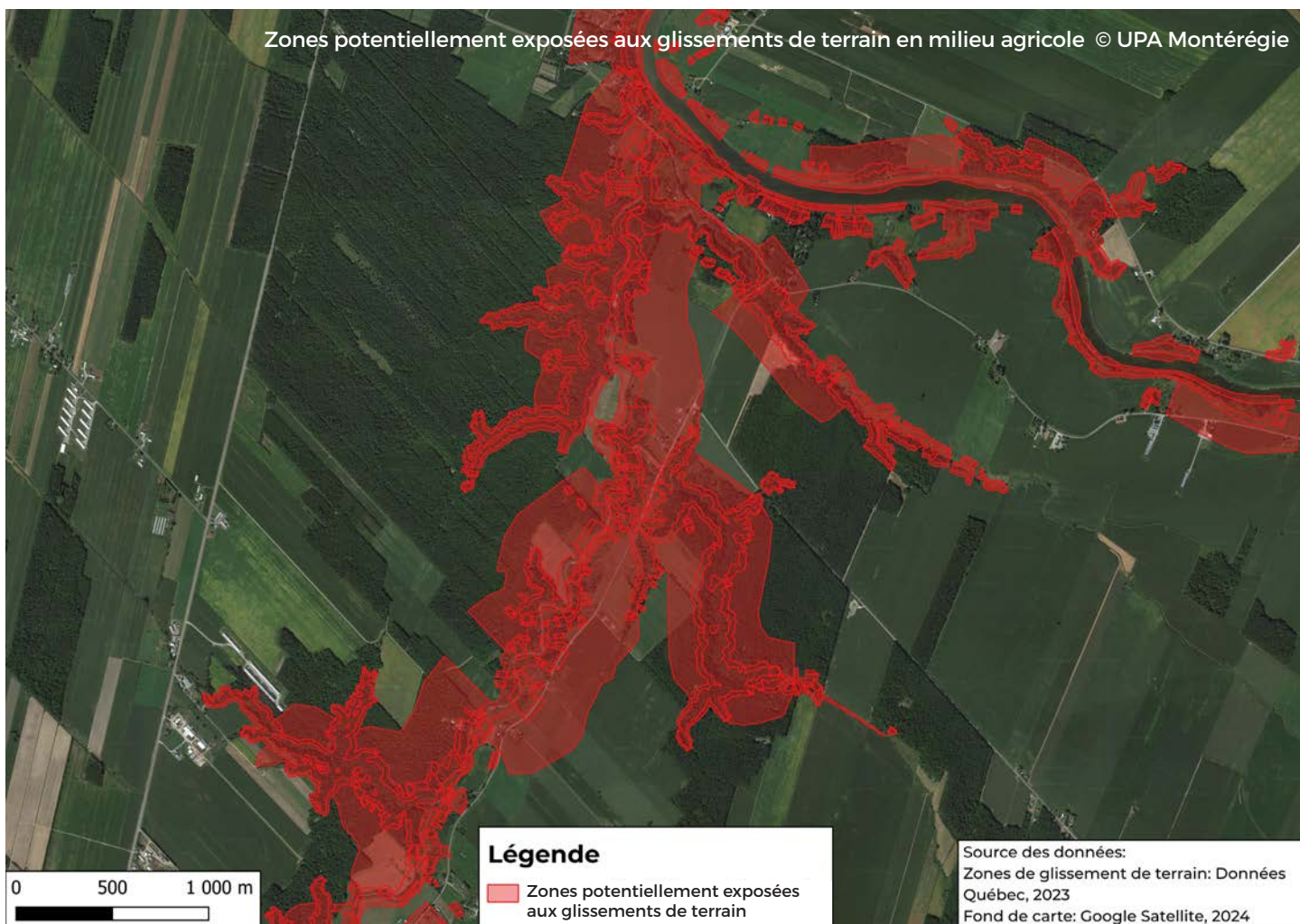
produites aux fins d'aménagement du territoire dans l'optique d'assurer la sécurité des personnes et des biens et d'éviter les mauvaises pratiques susceptibles de déclencher des glissements par le biais d'interventions humaines.

Si un terrain est situé dans « une zone de contraintes », cela ne signifie pas nécessairement qu'il sera touché par un glissement de terrain, mais plutôt qu'il possède des caractéristiques pouvant le prédisposer à un tel phénomène et qu'une réglementation particulière s'y applique. Il est de la responsabilité des propriétaires de s'en informer.

La réglementation appliquée dans les « zones de contraintes » par les municipalités répond aux exigences minimales du cadre normatif gouvernemental qu'il est possible de consulter sur le site du ministère des Affaires municipales et de l'habitation (MAMH) en se dirigeant à la section réservée aux orientations gouvernementales relatives aux glissements de terrain dans les dépôts meubles. On y trouve aussi plusieurs autres documents d'accompagnement, dont notamment un guide d'application du cadre normatif. Ces documents peuvent être consultés à titre d'information générale. Toutefois, il importe de se référer à la réglementation municipale en vigueur, car les règlements qui s'appliquent en « zone de contraintes » pourraient être plus sévères dans une MRC ou dans une municipalité donnée.

De façon générale, le cadre normatif qui accompagne ces cartes est basé sur les orientations gouvernementales en matière d'aménagement du territoire et vise :

- À ne pas accroître le nombre des éléments exposés;
- À réduire la probabilité qu'un glissement survienne à l'aide de normes appliquées dans les talus et dans les bandes de protection associées pour ne pas déclencher de glissements par de mauvaises pratiques.



Plusieurs interventions sont néanmoins permises ou ne sont pas visées par le cadre normatif comme la réalisation de tranchées en sommet de talus nécessaires à l'installation des drains agricoles. D'autres types d'interventions sont permis à la condition qu'ils soient effectués à une certaine distance du talus (marge de précaution) ou qu'ils respectent certaines façons de faire prévues dans le cadre normatif. Par exemple, les sorties de drains aménagées dans les coulées agricoles devraient notamment être acheminées jusqu'au pied des talus, dans la mesure du possible, selon la technique « sortie de drain avec talus escarpé sans accès avec

la machinerie » décrite dans la fiche technique produite par Agriculture et Agroalimentaire Canada avec la participation du MAPAQ : « Aménagement des sorties de drains, dernière mise à jour : juillet 2008 » (p. 3, 5^e paragraphe, 3^e ligne et p. 4, figure 5).



En milieu agricole, les normes appliquées dans les talus et dans les bandes de protection associées permettent principalement de réduire la probabilité qu'un glissement survienne en régissant les interventions inappropriées susceptibles d'agir comme facteurs aggravants ou déclencheurs du glissement de terrain.

Si des interventions projetées en zones de contraintes ont été considérées comme étant potentiellement préjudiciables à la stabilité du talus, elles ont été normées, et ce, sur des marges de précaution de largeur différentes selon l'intervention. Ainsi, le cadre normatif équivaut en quelque sorte à un avis géotechnique préliminaire par rapport à une intervention projetée en zones de contraintes. Si des travaux projetés en zones de contraintes relatives aux glissements de terrain impliquent plusieurs types d'intervention différents comme l'aménagement d'un chemin qui pourrait inclure des activités de déblai et de remblai dans une pente ou à proximité, il importe alors de vérifier si chacune de ces interventions projetées est ou non régie. De même, des travaux de plantation d'arbres à proximité ou dans un talus pourraient être régis par le cadre normatif si cela implique des interventions temporaires ou permanentes en zones de contraintes.

En guise de survol du cadre normatif gouvernemental, mentionnons que :

- Les normes applicables sont modulées selon le type de zone, le type d'intervention et le type d'usage;
- En cas d'interdit, les interventions visées peuvent être permises conditionnellement à la réalisation d'une expertise géotechnique;
- Regroupées par famille, les expertises géotechniques ont des critères d'acceptabilité qui ont été établis en fonction des types d'interventions et de leur localisation dans la zone.

Les interdictions peuvent donc être levées conditionnellement à la réalisation d'une expertise

géotechnique répondant aux critères établis. La délimitation de la zone sur la carte de contraintes ne peut toutefois pas être modifiée au terme de cette expertise en raison des interventions potentielles futures qui doivent continuer à être régies.

Une expertise géotechnique permet d'évaluer la stabilité d'un talus ou l'influence de l'intervention projetée sur celui-ci afin de lever l'interdiction et permettre l'intervention projetée. L'expertise devra répondre à des critères d'acceptabilité²¹ comme :

- L'intervention projetée n'agira pas comme facteur déclencheur d'un glissement de terrain en déstabilisant le site et les terrains adjacents;
- L'intervention projetée et son utilisation subséquente ne constitueront pas des facteurs aggravants, en diminuant indûment les coefficients de sécurité des talus concernés.

L'expertise doit aussi faire état de recommandations comme les précautions à prendre afin de ne pas déstabiliser le site. Pour répondre aux critères d'acceptabilité susmentionnés, l'expertise peut parfois se limiter à un simple avis technique sans nécessiter la réalisation d'investigations géotechniques ou de calculs de stabilité. Dans certains cas, les spécialistes peuvent également proposer des modifications à l'intervention de manière à faire en sorte que celle-ci contribue à améliorer l'état de stabilité actuel du talus ou, en tous cas, ne le détériore pas.

Pour être valide, l'expertise géotechnique doit donc répondre aux critères d'acceptabilité établis selon la famille d'expertise qui doit être réalisée. Elle doit aussi être réalisée par des membres de l'Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ) possédant des compétences spécifiques en géotechnique. Elle doit finalement avoir été effectuée ou mise à jour après l'entrée en vigueur du nouveau cadre normatif gouvernemental. L'expertise est valable pendant une année pour des travaux de protection contre les glissements de terrain situés en bordure d'un cours d'eau et pendant cinq années après sa production pour toutes les autres interventions.

4. Objectif 2 - Bonifier la valeur utilitaire des coulées agricoles



Par le contexte géophysique dans lequel elles évoluent, les coulées agricoles sont parfois délaissées et peuvent être sous-valorisées. Or, il existe plusieurs stratégies qui permettent aux productrices et producteurs agricoles d'en tirer un certain bénéfice, allant de la sylviculture à la production de biomasse ou de produits forestiers non ligneux. On peut même penser à des aménagements optimisant la séquestration du carbone, qui ont pour effet d'améliorer le bilan carbone de l'entreprise.

Les superficies marginales occupées par les coulées agricoles rendent difficilement rentables les aménagements qui y sont réalisés dans un objectif d'accroître les revenus de l'entreprise. Néanmoins, il est possible de concevoir certains scénarios permettant aux productrices et producteurs agricoles d'aménager ces espaces à des fins utilitaires, pour leur bénéfice personnel.

4.1 Plantation d'arbres

Les types de plantations d'arbres peuvent être très variés. Les plus courantes sont les plantations de feuillus nobles, soit celles composées d'essences longévives, dont les bois ont une certaine valeur pour le sciage, voire le déroulage. On y retrouve des essences comme les chênes, les caryers et le noyer noir qui peuvent atteindre leur maturité économique vers l'âge de 50 à 70 ans.

Les espèces intolérantes à l'ombre, comme les peupliers, peuvent aussi s'intégrer aux plantations de feuillus. Les différentes espèces de peupliers, et particulièrement les hybrides développés par le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), croissent plus rapidement et atteignent plus tôt leur stade de maturité économique (généralement 50 ans, 15 à 25 ans pour les espèces hybrides). La période de rotation de ces plantations est ainsi plus courte. En plantant ces essences, on vise d'abord la production de biomasse ligneuse plutôt que du bois de sciage.

Comme le décrit le tableau 4.1, les besoins des différentes essences feuillues en matière de types de sols et conditions d'humidité varient sensiblement les unes des autres. Ainsi, on doit bien connaître les conditions biophysiques de chaque zone du site que l'on souhaite boiser pour assurer le succès de la plantation.



Plantation d'arbres en coulée agricole © UPA Montérégie



Plantation d'arbres en coulée agricole © UPA Montérégie

Tableau 4.1 Essences feuillues à privilégier selon les conditions de drainage du sol

Condition de drainage	Essences feuillues à privilégier
Zone de la coulée qui est bien drainée , en raison notamment de la texture du sol et/ou de la pente.	Essences à enracinement profond Ex. : chêne rouge, caryer cordiforme, noyer noir.
Zone de la coulée où le drainage est déficient .	Essences tolérantes aux sols humides Ex. : chêne à gros fruits, chêne bicoloré, caryer ovale, micocoulier occidental.

Le *Guide d'aménagement de systèmes agroforestiers* du CRAAQ¹³ propose une liste exhaustive d'espèces en fonction des conditions de sol qu'elles préfèrent, en plus de fournir davantage de détails sur leur amplitude écologique.



La plantation de feuillus permet principalement la production de deux types de produits : le bois de sciage et le bois de biomasse (ex. : bois de pâte ou bois de chauffage). Pour que les bois atteignent la qualité de sciage et de déroulage, on doit généralement investir plus d'efforts dans la protection et la taille des arbres, plus de temps dans leur plantation, en plus de prévoir une rotation plus longue (>50 ans) que pour la biomasse. Cependant, il est possible de combiner les deux types de production de bois en une « plantation à double rotation ». Dans ce cas, on combine la plantation de feuillus nobles et de feuillus intolérants à l'ombre à croissance rapide (ex. : peuplier hybride). Dans les dix premières années, les peupliers fournissent l'ombrage nécessaire aux feuillus tolérants. La récolte éventuelle des peupliers après 10 à 15 ans dégage les feuillus tolérants et permet ensuite leur plein développement.

Notons, qu'outre la production de bois, les plantations dans l'environnement des coulées agricoles rendent des services écologiques du même acabit que les forêts, soit notamment la stabilisation des

sols, l'amélioration de la qualité de l'eau, le rôle de brise-vent, l'amélioration du paysage, la création d'habitats pour la biodiversité et la régulation du climat par la séquestration de carbone.

Une distance minimal entre les deux types d'essences est essentielle, auquel cas les peupliers nuiraient au développement des feuillus nobles. Un entretien régulier par élagage et un abattage des peupliers au bon moment sont indispensables pour assurer la viabilité de ce type d'aménagement. Il importe de prévoir des voies d'accès en ce sens lors de l'aménagement de la coulée.

4.2 Conseils de plantation pour arbre

Quelques conseils afin de vous assurer de la survie et de la bonne croissance des plants d'arbres feuillus :

1. Disposition des plants mis en terre; la distance entre les plants, sur le rang ainsi qu'entre eux, devra être fixée en fonction des objectifs poursuivis, des besoins des essences retenues, des caractéristiques du site et des récoltes à prévoir. Elle aura des impacts durant toute la vie de ces arbres.

2. La protection des plants contre les rongeurs; les rongeurs (souris, campagnols, etc.) peuvent causer des dégâts mortels aux jeunes plants en grugeant l'écorce à la base des troncs. Ainsi, en milieu herbacé, il est primordial d'installer des protecteurs en spirale blanche, montant au moins jusqu'à une hauteur de 15 cm, autour de la base des troncs.

3. La protection des plants contre les cerfs; les plants feuillus sont très prisés des cerfs, qui infligent de fréquents dommages à leurs branches et à leur cime. Selon le risque imposé par les densités et la dynamique des cerfs du secteur, il est nécessaire de protéger les jeunes plants du broutement pour assurer la survie de la plantation. On peut le faire grâce à des protecteurs de plants individuels de type « Climatic » ou par l'installation de clôtures d'une hauteur de 180 cm. Ces types de protection font rapidement bondir les coûts d'une plantation, il est donc important d'en prendre compte lors du choix des stratégies de reboisement (essences, densités de plants).

4. Maîtrise de la végétation concurrente; la survie à court et moyen terme des plants mis en terre dépendra aussi de la maîtrise de la végétation compétitrice. Sans cela, cette dernière utilisera la lumière et l'eau, compromettant la croissance des jeunes arbres. L'installation de paillis de plastique

(individuel ou déroulé en longueur) est fortement recommandée pour contrer la compétition herbacée, ce qui assure la survie et la croissance des plants. Des dégagements mécaniques doivent aussi être pratiqués lorsque les plants deviennent trop obstrués, que ce soit par les herbacées ou des espèces ligneuses.

5. Taille phytosanitaire, taille de formation et d'élagage;

Début des tailles

L'objectif des tailles est de permettre le développement d'une bille de qualité pour le sciage (bille exempte de nœuds et autres défauts) et la rendre résistante aux bris mécaniques (ex. : le verglas).

Notons néanmoins que ce n'est probablement pas tous les arbres qui posséderont le meilleur niveau de qualité, même avec des tailles. Afin de rentabiliser nos efforts en ce sens, il importe de sélectionner au jeune âge les arbres à tailler les plus prometteurs et qui sont assez espacés les uns des autres (6 mètres en moyenne). Mentionnons toutefois que les arbres qui ne présentent pas les qualités optimales pour la valorisation des bois fournissent toujours de précieux services écologiques.

Ainsi, trois types de tailles peuvent être effectuées. Elles sont ici classées par ordre de priorité :

1. Taille phytosanitaire (assurer la survie de l'arbre);
2. Taille de formation (structurer le port de l'arbre afin qu'il demeure droit et qu'il se développe adéquatement);
3. Taille d'élagage (permettre le développement d'une bille sans nœuds dans la partie inférieure de la tige).

D'entrée de jeu, précisons qu'il vaut mieux présélectionner un certain nombre d'arbres sur lesquels les efforts de taille se concentreront.

Là encore, il importe de rentabiliser les efforts; ainsi les individus ciblés lors de la coupe d'éclaircie n'ont pas à faire l'objet d'une aussi grande attention.

Généralement, il n'y a aucune taille effectuée avant que l'arbre n'atteigne une certaine hauteur minimale qui est d'environ 1,5 mètre. De plus, elle est pratiquée uniquement si elle est requise. Rappelons qu'en bas de cette hauteur, l'arbre est encore en développement racinaire et doit compétitionner pour la lumière et les ressources dans le sol. Ainsi, une taille à un stade trop jeune lui ferait subir un stress qui réduirait momentanément ses capacités de croissance. Seule exception : la taille phytosanitaire a pour but de retirer la partie malade de l'arbre et ainsi d'assurer la survie de celui-ci.

Lors des épisodes de tailles de formation et/ou d'élagage, il est important de ne pas retirer plus de 20 % à 30 % de la masse foliaire, question de permettre à l'arbre de se reconstituer.

Lorsque la plantation est jeune, la taille de formation est davantage nécessaire et au fur et à mesure de sa croissance, l'élagage vient s'ajouter à l'opération.

Fréquence

Selon l'essence et le taux de croissance, l'opération peut se répéter plus ou moins rapidement. Généralement, entre 2 à 5 ans séparent chacune des interventions. Toutefois et lorsque c'est possible, mieux vaut tailler souvent et agir sur de petites branches – ce qui est à la fois plus facile

et moins risqué pour la santé de l'arbre – que de devoir agir sur des branches de plus grand diamètre. Ces tailles sont pratiquées en moyenne pendant une période de 10 ans, ou jusqu'à l'obtention de la hauteur d'élagage souhaitée.

Fin de la taille

L'objectif de la bille de sciage sous-entend l'atteinte d'une hauteur minimale sans nœuds de 2,7 mètres. Notion importante : la rentabilité des opérations de taille et d'élagage est généralement atteinte lorsque le diamètre de la bille à couper est 3 fois plus grand qu'au moment de son élagage.

Exemple : si on note un diamètre de 12 cm lors de l'opération d'élagage, il est préférable d'attendre l'atteinte d'un diamètre de 36 cm avant de procéder à la coupe pour s'assurer d'un certain gain financier.

Finalement, les propriétaires possédant un plan d'aménagement forestier sont possiblement éligibles à des subventions pour la réalisation de certains travaux d'entretien. Renseignez-vous!

6. Éducation de la plantation; quand elles se densifient et dépassent une douzaine de mètres de hauteur, certaines plantations ont besoin d'être éclaircies pour poursuivre leur croissance et le bon développement de leurs tiges. Pour ce faire, on doit couper les tiges peu vigoureuses ou déficientes, de façon à éclaircir les tiges d'avenir et les faire bénéficier de plus de lumière et d'espace.

Pour en apprendre davantage

Lupien, P. (2006). *Des feuillus nobles en Estrie et au Centre-du-Québec*. Association forestière des Cantons de l'Est, Sherbrooke, 268 p.

Dumont, M. (1995). *Plantation des feuillus nobles*. Ministère des Ressources naturelles, Direction de l'assistance technique, Publication du Québec, Sainte-Foy, 126 p.

Cogliastro, A., Vezina, A., Rivest, D. (2022). *Guide d'aménagement de systèmes agroforestiers*.

Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ), Québec, 96 p.

Lajeunesse, C., Lupien, P. (2007). *Trousse du propriétaire – Plantation de feuillus nobles*. Fiche 1 à 6. Agence forestière de la Montérégie. <https://afm.qc.ca/documents-afm/>

Carnet horticole et botanique, sur le site Espace pour la vie, consulté le 23 novembre 2023. <https://espacepourlavie.ca/taille-des-arbres-feuillus>

CERFO (2017). *Entretien des arbres en haies brise-vent et bandes riveraines : Taille de formation et élagage*. CERFO, 10 p. https://cerfo.qc.ca/wp-content/uploads/2019/09/Note_entretien_arbres_HBV_2017.pdf

Hubert, M., Courraud, R. (2002). *Élagage et taille de formation des arbres forestiers, 3e édition*. Institut pour le développement forestier, 292 p.



© UPA Montérégie

4.3 Culture de produits forestiers non ligneux (PFNL)

Les produits forestiers non ligneux sont, selon la FAO, des biens d'origine biologique autres que le bois, provenant des forêts, d'autres terrains boisés ou provenant d'arbres hors forêts. Ces produits peuvent être alimentaires (ex. : petits fruits, noix, champignons ou sève), ornementaux (ex. : sapins de Noël) ou pharmaceutiques et nutraceutiques (ex. : ginseng, if, gomme de sapin). Dans les coulées, les possibilités de cultures sont multiples et seront fonction de la compatibilité des plantes avec le site, des objectifs des propriétaires et des opportunités commerciales. À titre d'exemple, imaginons un scénario de production de petits fruits jumelée à une production acéricole.

La production acéricole se réalise grâce à la plantation d'érables à sucre espacés aux 8 mètres sur le rang (figure 4.1). L'érable à sucre préfère les sols fertiles, profonds et bien drainés. Dans le cas de sols moins bien drainés, on optera pour l'érable rouge ou l'érable argenté.

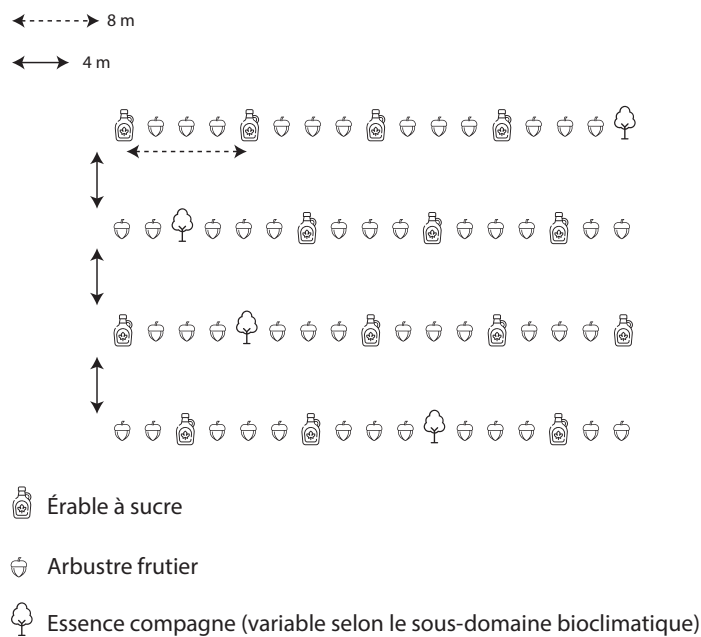


Figure 4.1 Dispositif de plantation selon l'exemple proposé
© André Vézina

Le scénario retenu insère également à tous les cinq arbres, une espèce compagne (ex. : noyer noir) choisie en fonction des conditions du milieu. L'ajout d'espèces compagnes est recommandé pour accroître la diversité biologique, améliorer la fertilité des sols et procurer des revenus en bois si on récolte quelques individus ayant atteint la maturité.

La production de petits fruits ou de noisetiers est quant à elle réalisée grâce à la plantation d'arbustes qui seront insérés aux 2 mètres entre les arbres. La distance entre les rangs est fixée à 4 mètres, en alternant les arbres en quinconce d'une rangée à l'autre. Pour réduire les coûts, les végétaux seront plantés sans préparation de terrain sauf un fauchage de la strate herbacée si nécessaire. Un paillis de plastique individuel de 1,2 mètre par 1,2 mètre sera apposé à la base de chaque plant pour prévenir la compétition herbacée. Le débroussaillage en périphérie des paillis est généralement favorable en milieu riche où la productivité végétale est forte. De plus, une protection des arbres contre les dégâts causés par les rongeurs et les cervidés doit être installée à la suite de la plantation. Comme mentionné dans les conseils de plantation, une taille de formation des arbres devrait être réalisée pendant une dizaine d'années pour avoir un tronc droit et éviter les fourches.

La production de petits fruits ou de noisetiers permet d'obtenir un revenu à court terme jusqu'à ce que le couvert des arbres produise un ombrage suffisant pour nuire à la production fruitière. Selon la croissance des arbres, 20 à 30 ans peuvent s'écouler avant ce moment. Dès lors, l'entaillage des arbres prend le relais et la production de sirop peut débuter.

Les revenus liés à la culture des petits fruits sont fonction du rendement par plant, du prix de vente et des coûts d'implantation et d'entretien. Avec près de 940 arbustes par hectare, on peut espérer une bonne récolte de fruits. En plus de la production de fruits ou de noisettes, le dispositif proposé permettra d'assurer une production de bois de chauffage, la séquestration du carbone et améliorer la biodiversité régionale.



Érables et bois de chauffage © André Vézina



Plantation de noisetiers © Julien Ouellet



Plantation d'arbres fruitiers © André Vézina

Pour en apprendre davantage

Blanchet, F.B. (2017). *Les petits fruits émergents – La situation au Québec*. Présentation INPACQ – Commercialisation des petits fruits en émergence, Drummondville, le 3 février 2017. <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/CentreduQuebec/INPACQ2017/ConferencesCommercialisationdespetitsfruitsenemergence/lespetitsfruitsemergents.pdf>

Cliche, M., Boutin, A. (2022). *Guide d'aménagement des érablières*. Association des propriétaires de boisés de la Beauce (APBB), 281 p.

Cogliastro, A., Vezina, A., Rivest, D. (2022). *Guide d'aménagement de systèmes agroforestiers*. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ), Québec, 96 p.

Hubert, M., Courraud, R. (2002). *Élagage et taille de formation des arbres forestiers*, 3e édition. Institut pour le développement forestier, 292 p.

Coûts de production du sirop d'érable

La quantité et la qualité de sève produite dépendent de plusieurs facteurs, notamment l'espèce d'érable choisie, sa qualité de développement, le climat et le système de collecte. Comme règle du pouce, pour produire un litre de sirop à la chaudière, il faut environ 40 litres de sève. Donc environ dix érables de 20 cm de diamètre mesuré à la hauteur de la poitrine (DHP), soit une hauteur d'environ 120 cm, pour produire 3,78 litres (1 gallon) par saison²². En 2023, le coût estimé pour un ensemble de dix chaudières, couvercles et chalumeaux, était de 120 \$. À cela s'ajoute le coût de quatre contenants en plastique d'un litre de volume pour conserver le sirop (12 \$ au total). Un évaporateur de 18 x 48 pouces, suffisant pour la production de 1 à 75 entailles, se détaillait quant à lui aux environs de 2 000 \$.

4.3.1 Culture du sapin de Noël

Considérant que les parcelles peuvent être petites dans certains projets d'aménagement de coulée agricole, une option intéressante pour les valoriser pourrait être d'implanter une production d'arbres de Noël et d'en faire la vente directement au grand public en kiosque ou en autocueillette. Le marché de la vente directe a ses avantages, soit un prix de vente plus élevé, un écart de prix peu important selon la qualité, ainsi qu'un contact direct auprès de la clientèle.



La rentabilité de ce type de production peut représenter un défi, ainsi que requérir beaucoup d'implication des productrices et producteurs. De plus, dans une coulée agricole, la fertilisation et les pesticides souvent utiles pour obtenir la qualité de plant requise sont à proscrire. Étant donné la topographie du terrain, il faut s'assurer de la faculté à réaliser l'entretien régulier nécessaire de façon efficace et sécuritaire.

En 2019, l'Association des producteurs d'arbres de Noël du Québec (APANQ), en collaboration avec le MAPAQ, a produit un guide intitulé « Les arbres de Noël au Québec - de la plantation à la mise en marché »²³. Ce guide présente les connaissances les plus récentes sur la culture des arbres de Noël. Il s'adresse aux entreprises en démarrage et existantes. Il comprend 22 fiches qui abordent divers sujets liés à la production comme la physiologie de l'arbre, l'implantation de la culture, les pratiques culturales, la récolte, la mise en marché, les coûts de production et la réglementation.

4.4 Cultures énergétiques: cas de la culture intensive du saule en courte rotation (CICR)

Les cultures énergétiques sont des plantes cultivées pour la production d'énergie, que ce soit pour la production de chaleur ou pour la production d'une autre source d'énergie comme les biocarburants. Dans les coulées, les cultures qui produisent beaucoup de biomasses lignocellulosiques et qui nécessitent peu d'intrants sont privilégiées.

La culture intensive de saules en courtes rotations a fait l'objet de nombreux essais en milieu agricole au Québec, comme en fait foi le scénario décrit ci-après. Toutefois, d'autres plantes comme le panic érigé, l'alpiste roseau et le miscanthus pourraient aussi être utilisées, mais demandent une régie rigoureuse, qui n'est pas toujours en adéquation avec le milieu qu'offre une coulée.

Le scénario retenu suggère de planter les saules, sous forme de boutures de 20 cm de long, à une densité variant entre 12 000 et 18 000 tiges par hectare.

Le dispositif et la densité doivent être adaptés tant à la machinerie utilisée pour l'entretien et la récolte qu'à la configuration du terrain.

Une question de clones

Pour la CICR, les clones recommandés sont les suivants : sx61, sx64, sx67, Sherburne, Preble, Casnastota et Fabius. Il est par ailleurs souhaitable d'intégrer au moins deux différents clones dans la plantation pour en assurer la diversité ainsi que pour réduire les risques phytosanitaires liés à une plantation qui n'en compterait qu'un seul.



Culture de sapin © Syndicat des Producteurs forestiers du Sud du Québec

La fiche no 21 - *Coûts de production* présente des revenus et dépenses basés sur un budget pour un hectare en production conventionnelle. On y estime un nombre total d'arbres vendus à 2 862 sapins sur 11 ans. À la neuvième année, 30 % des sapins sont récoltés, 45 % à la dixième année et 25 % à la onzième année. À terme, ce document de 2019 estimait que le total des coûts d'exploitation représentait 48,3 % des revenus bruts, pour une marge bénéficiaire de 51,7 % basée sur un prix de l'arbre vendu à 17,37 \$ l'unité. Il faut noter que le financement à long terme, le remboursement du capital ainsi que le coût de la main-d'œuvre sont exclus de cet aperçu budgétaire.

Le désherbage autour des plants est crucial les deux premières années suivant la plantation. Il peut être effectué mécaniquement avec une débroussailluse ou un petit tracteur, selon l'espace entre les rangs et le type de machinerie que possèdent les propriétaires. La fréquence de récolte varie entre 3 et 5 ans, selon la croissance des plants. D'un point de vue économique, il peut être avantageux de choisir une récolte aux 5 ans, compte tenu des coûts assez élevés de récolte.

Des parcelles de grandes dimensions de forme rectangulaire sont préférables à de petits lots irréguliers pour faciliter les opérations culturales²⁴. Le sol recherché pour la culture de saules en CICR doit présenter un drainage modéré jusqu'à imparfait, une profondeur minimale de 1 mètre et un pH entre 5,5 et 7,5. On peut cultiver le saule dans des sols plus secs ou plus humides que ceux recommandés, mais les rendements seront moindres. Les pentes des coulées doivent permettre le passage sécuritaire des machineries pour la réalisation des opérations culturales.

Une fois établie après deux ans, la culture intensive du saule en courte rotation exige peu d'entretien et elle peut s'effectuer sur une période minimale de 25 ans. D'un point de vue économique, la rentabilité des CICR de saules à des fins énergétiques dans les coulées ou dans les friches n'a cependant pas été démontrée au Québec. Elle est

fonction des rendements et des coûts de production et son coût de revient doit être concurrentiel avec ceux des autres matières utilisées en production énergétique²⁵. Outre la production énergétique, les produits de ces cultures peuvent aussi être utilisés comme paillis ou comme litière pour les animaux.

L'utilisation des saules en CICR a aussi une incidence positive sur la conservation et la restauration des écosystèmes ainsi que sur la fixation du gaz carbonique puisqu'elle agit comme alternative à l'exploitation des forêts indigènes²⁴. Ces cultures améliorent à long terme la structure des sols, augmentent la quantité de matière organique et peuvent réduire l'érosion éolienne et hydrique. Les saules en CICR peuvent être aussi utilisés pour la filtration des eaux de ruissellement et la décontamination des sols. Les cultures de saules fournissent aussi un bon habitat d'alimentation et de nidification pour diverses espèces d'oiseaux²⁴. D'ailleurs, 79 espèces d'oiseaux ont été observées dans des parcelles de saules, dont 39 ont été observées régulièrement²⁶.

Puisqu'il s'agit d'une monoculture, il est recommandé de bonifier le site au bénéfice de la biodiversité à l'aide des recommandations du chapitre 5 : Objectif 3 - Aménager les coulées agricoles au bénéfice de la biodiversité du présent guide.

Pour en apprendre davantage

EcoWillow 2.0, sur le site ESF, consulté le 23 novembre 2023. www.esf.edu/willow/download.htm.



© UPA Estrie



4.5 Séquestration du carbone

L'aménagement d'une coulée agricole axée sur la séquestration de carbone est une stratégie qui vise à augmenter la quantité de carbone stockée dans les écosystèmes et les produits qui y sont récoltés. Il existe plusieurs types d'aménagement pour la séquestration de carbone, tels que l'implantation de parcelle agricole en plante fourragère pérenne, la plantation ou reboisement d'arbres et l'adoption de stratégie de récoltes prolongées. La séquestration du carbone réalisée contribue certes à la lutte contre les changements climatiques, mais l'aménagement réalisé présente également des avantages environnementaux et sociaux, en plus d'avantages économiques lorsque ceux-ci sont monétarisés sur les marchés associés.



Vendre ou conserver ses crédits carbone

La monétarisation des avantages liés à l'aménagement requiert la participation des propriétaires au marché du carbone (volontaire ou réglementée). Bien que cela puisse apporter un revenu sur le long terme pour les productrices et producteurs agricoles, les crédits ainsi vendus ne peuvent plus être appliqués à l'entreprise par la suite; les filières agricoles engagées dans des objectifs de carboneutralité de leur production ont donc tout avantage à conserver ces gains dans le bilan de leurs entreprises.

Pour en connaître davantage :

upa.qc.ca/producteur/outils-et-ressources/marche-du-carbone

Le site propice à ce genre d'aménagement est situé sur un replat de talus ou encore sur de faibles pentes, et sur des sols au drainage modéré. Les sites à favoriser sont les secteurs des coulées qui sont en friche ainsi que la bande riveraine. Pour le volet boisement en vue d'obtenir des crédits carbone, on favorise les essences à croissance rapide qui seront

adaptées au site, tel le peuplier hybride, chêne rouge, épinette blanche, et/ou des espèces d'arbres à croissance plus lente afin de bonifier la biodiversité du secteur (ex. : pin rouge, pin blanc, chêne à gros fruits, érable à sucre). Des arbustes peuvent également être ajoutés, puisqu'en plus de contribuer à la séquestration du carbone, ils participent à la lutte contre l'érosion et à l'amélioration de la biodiversité.

Le saviez-vous ?

Les études scientifiques nous indiquent que chaque arbre planté séquestre entre 1,5 et 2,5 tonnes de CO₂ atmosphérique au cours d'une existence de 40 ans. Cela signifie que 400 arbres plantés sur 1 hectare résultent en la capture minimale de 600 tonnes de CO₂ au cours de cette existence. Toutefois, si à terme ces arbres sont destinés à être brûlés pour en faire du bois de chauffage, le CO₂ jadis capturé retournera alors à l'atmosphère. En 2023 et selon ces informations, un boisement d'un hectare composé de peupliers hybrides, chênes rouges et épinettes blanches représentait un revenu de ± 112 \$/ha par année sur 60 ans sur le marché volontaire.



Plantation en replat © UPA Montérégie

Pour en apprendre davantage

Tremblay, S., Ouimet, R., Houle, D. (1999). *Modèle simple pour estimer la quantité de carbone organique dans les horizons minéraux d'un sol forestier à partir de son relevé pédologique*. Note de recherche forestière no 93, Direction de la recherche forestière du ministère des Ressources naturelles, 14 p. <https://mffp.gouv.qc.ca/documents/forets/connaissances/recherche/Note93.pdf>



Séquestration du carbone par des herbacées

Les sols agricoles participent eux aussi à la séquestration du carbone. D'ailleurs, l'initiative Agriculmat que pilote l'Union des producteurs agricoles se penche entre autres sur cette dynamique dans une perspective d'amélioration du bilan carbone des entreprises agricoles québécoises. Pour plus de détails sur le phénomène et pour en apprendre davantage sur l'acquisition de connaissances qui s'opère au sein d'Agriculmat, visitez le www.agriclimat.ca.

4.6 Valorisation d'une coulée agricole en agriculture commerciale

Au Québec, les principales cultures sont le maïs, le soya et les céréales, soit des cultures qui nécessitent de grandes superficies pour en assurer leur rentabilité. Dans ce contexte, ces cultures occupent souvent à la fois les champs et les coulées agricoles adjacentes, sans qu'il y ait une adaptation de la pratique au contexte géophysique particulier de ces dernières.

Pour réduire la quantité de sédiments, nutriments et contaminants qui risquent de se retrouver dans le cours d'eau en contrebas d'une coulée agricole, l'entreprise devrait minimalement maintenir ou implanter une bande riveraine qui agira comme zone tampon. La largeur idéale de la bande riveraine varie selon la pente de la coulée. Évidemment, une implantation de bande riveraine arbustive ou arborescente implique un investissement en travaux, végétaux et entretien, alors qu'une bande riveraine naturelle non cultivée nécessite seulement un entretien annuel. Toutefois, décider soi-même des végétaux composant une bande riveraine

arbustive permet d'éviter les désagréments de certaines espèces envahissantes qui ont tendance à s'implanter dans les bandes riveraines herbacées, en plus d'ajouter de la biodiversité et des végétaux pouvant recéler un potentiel économique.

L'état du sol de la coulée a aussi un impact important. Ainsi, toutes les pratiques culturales qui favorisent une bonne structure de sol vont agir sur la rapidité d'infiltration de l'eau. En favorisant l'infiltration d'eau rapide dans le sol, on optimise la rétention du sol et la filtration des nutriments et contaminants. Avant tout, il faut donc réduire les risques de compaction en évitant de travailler le terrain dans des conditions humides ou avec des appareils ayant un trop grand poids par essieu et effectuant des passages au champ répétés.

Les pratiques culturales de conservation comme le travail du sol réduit et le semis direct favorisant une bonne structure de sol sont à prioriser, contrairement au labour.

L'implantation de cultures de couverture à la dérobée et intercalaire est une autre pratique qui améliore la structure du sol, surtout en combinaison avec une

bonne rotation de culture. Celle-ci devrait intégrer idéalement une céréale dont le réseau racinaire est bénéfique pour la structure du sol et qui permet l'implantation de cultures de couverture à la dérobée produisant un volume de biomasse intéressant⁹.

L'adoption de pratiques de conservation des sols va aussi contribuer à l'abaissement du ruissellement de l'eau. À ce niveau, les pratiques bénéfiques visant à réduire l'impact de l'érosion dans les coulées agricoles décrites précédemment demeurent pertinentes en tout temps. Il est donc recommandé d'éviter d'avoir un sol à nu. Si le sol doit être travaillé,

il est important de considérer les courbes de niveau et d'implanter les cultures en contre-pente. Selon le type de coulée, il peut même être intéressant d'intégrer la culture en bandes alternées avec une bande fourragère ou une culture à entre-rangs étroits.

Finalement, et comme mentionné précédemment, rappelons que les cultures fourragères pérennes constituent l'alternative idéale pour limiter l'érosion et protéger la qualité de l'eau en coulée agricole, advenant des besoins en ce sens de la part des propriétaires.



Culture intercalaire de ray-grass dans le maïs
© UPA Montérégie



Cultures fourragères bordant une coulée
© UPA Montérégie

Pour en apprendre davantage

Chouinard, P. (2000). *Aménagements et techniques pour le contrôle de l'érosion des sols*. Guide des pratiques de conservation, CPVQ, 10 p. <https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/Feuillet6B.pdf>

Martin, S., Malenfant, N., Hoorman, J. J., Ménard, O., Garon, B., Robert, L., Lamarre, G., Mathieu, A., Bélanger-Naud, S. *Les pratiques agricoles de conservation*. Brochure de la caravane Santé des sols, Action Semis Direct, 28 p. https://www.agrireseau.net/documents/Document_101213.pdf

Martineau, I., Boivin, F., Léger, É. (2013). *À chacun sa bande. Guide des bandes riveraines en milieu agricole*. Club-conseil Gestrie-Sol, 24 p. https://www.agrireseau.net/documents/Document_88852.pdf

Bourgault, M., Levert-Gauthier, L., Martineau, I. (2022). *À chacun son entretien. Guide d'entretien des bandes riveraines en milieu agricole*. Club-conseil Gestrie-Sol, 24 p. https://gestrie-sol.com/wp-content/uploads/2023/03/CAT_Gestrie_Sol_2022-V9-janvier-2023.pdf

4.7 Valorisation d'une coulée agricole entièrement boisée

Que la coulée ait été le lieu d'une plantation résineuse il y a plusieurs années ou qu'elle soit couverte d'une forêt naturelle, l'aménagement forestier de celle-ci peut répondre à différents objectifs, notamment :

- Améliorer la santé et la croissance des arbres;
- Mettre en place un processus de régénération;
- Favoriser et restaurer la présence de certaines essences tout en contribuant au maintien de la biodiversité en place.

La démarche diagnostique ci-jointe consiste à évaluer au préalable le milieu naturel (friche, boisé) afin d'orienter ces travaux d'aménagement.

Étape 1 – *Évaluation de la parcelle forestière* (âge du peuplement, état de santé des arbres, composition forestière, présence de régénération, présence d'espèces exotiques envahissantes, caractérisation du sol, du drainage et de la topographie);

Étape 2 – *Identification des objectifs d'aménagement possibles* (en concertation avec les propriétaires);

Étape 3 – *Cerner les moyens disponibles* (techniques, financiers, accompagnement par une entreprise en travaux forestiers, accès à de la machinerie adaptée au site, etc.);

Étape 4 – *Prévoir les effets des travaux forestiers et les mesures d'atténuation associées* (sur la qualité et la quantité de bois produit, sur le milieu [érosion, décapage du sol, drainage, orniérage (note 5)], sur les autres fonctions du boisé [fauniques, eau, paysage, biodiversité]).

Exemples d'objectifs d'aménagement possibles pour une coulée boisée

L'aménagement d'une coulée agricole boisée et sa valorisation peuvent viser plusieurs objectifs, entre autres :

- La récolte de bois (pâte, biomasse, sciage) et l'identification de marchés disponibles à proximité;
- La bonification de la biodiversité (enrichissement, reboisement, trouée pour installer une régénération naturelle, etc.);
- La cohabitation en milieu agricole (embellissement du paysage, connectivité naturelle, etc.);
- L'aménagement faunique (débris ligneux au sol, chicots, nichoirs, etc.).

Rappelons que, selon le cas, ne rien faire peut aussi être une stratégie permettant l'atteinte de certains des objectifs cités ci-dessus.

Les productrices et producteurs agricoles intéressés sont invités à consulter des spécialistes en foresteries qui pourront les accompagner dans la réalisation des travaux tels que la délimitation des zones sensibles et le marquage des tiges à récolter. Le syndicat des productrices et producteurs forestiers peut conseiller ses membres pour l'identification d'une entreprise en aménagements forestiers, pour la mise en marche du bois et pour retenir les services de transport spécialisé.

⁵ Trace creusée dans un chemin ni pavé, ni revêtu, par le passage des roues

Exemple d'aménagement

Dans une plantation résineuse : réaliser une éclaircie par trouée avec brassage du sol pour favoriser une régénération spontanée et naturelle, ainsi que pour maintenir les arbres en santé. S'il s'agit d'un boisé isolé où l'arrivée de nouvelles semences est peu probable, la régénération peut être assistée en y plantant des semis (tiges de deux ans d'âge). Avec les branches élaguées, réaliser des monticules pour créer des aménagements fauniques pour la gélinotte huppée (note 6).

Dans un peuplement naturel, réaliser une coupe de jardinage par pied d'arbre permet la sélection d'arbres malades et peu vigoureux pour la récolte. Conserver un certain nombre de chicots s'ils ne présentent pas un danger après les travaux. Selon l'âge des arbres, l'élagage pourrait aussi être pratiqué pour rehausser la valeur des bois.



© UPA Centre-du-Québec

Pour en apprendre davantage

CERFO (2011). *Le diagnostic sylvicole, un outil indispensable pour atteindre les objectifs*. NOTE TECHNIQUE. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy, 8 p. (cerfo.qc.ca)

Collin, L. (1996). *Guides techniques : aménagement des boisés et terres privées pour la faune*. Guide 2 : La gélinotte huppée. 6 p. https://www.fondationdelafaune.qc.ca/documents/x_guides/312_fascicule2.pdf

⁶ La gélinotte huppée est le nom réel de l'espèce d'oiseau terrestre qu'on appelle communément « perdrix ».

5. Objectif 3 - Aménager les coulées agricoles au bénéfice de la biodiversité



En agriculture, l'adoption de pratiques bénéfiques peut avoir un impact positif sur la faune et la flore tout en assurant des rendements agricoles intéressants aux producteurs et productrices. De même, les aménagements visant la valorisation des superficies en coulée agricole proposés précédemment tels que la plantation d'arbres, les cultures de PFNL, les cultures énergétiques et la valorisation des boisés vont très généralement bonifier la biodiversité qu'on y retrouve.

Quand on parle de biodiversité en zone agricole, on pense immédiatement aux pollinisateurs, ces indispensables alliés, mais l'aménagement de certains secteurs sur la ferme peut aussi favoriser des prédateurs, ceux que l'on nomme les auxiliaires de culture qui s'alimentent d'une panoplie d'espèces nuisibles. Quand on pense à tous les insectes ravageurs et aux petits rongeurs qui peuvent causer une baisse, parfois substantielle, de rendement, attirer la faune bénéfique en agriculture est donc avantageux.

Comme preuve, une étude réalisée en Montérégie a révélé une plus grande abondance de prédateurs d'insectes (coccinelles, araignées, mouches prédatrices) et de guêpes parasitoïdes sur les sites avec une haie brise-vent, démontrant un potentiel de lutte biologique plus important dans les champs de grandes cultures adjacents²⁷. Une plus grande diversité d'habitats en milieu agricole permet d'accroître la présence des amphibiens, oiseaux insectivores, musaraignes et chauves-souris qui vont se nourrir d'insectes nuisibles aux cultures. Les oiseaux de proie et les reptiles s'assurent de diminuer la pression des petits rongeurs. À l'abri du couvert végétal dense, renards, coyotes, ratons laveurs et visons exercent également une pression

sur ceux-ci. Leur présence dans les lisières boisées peut exercer une pression sur les populations de petits rongeurs, mais aussi sur le rat musqué et le castor, deux espèces qui peuvent entraîner des dommages sérieux. Les aménagements linéaires comme les haies brise-vent et les bandes riveraines sont très favorables aux prédateurs. Les coulées agricoles aménagées peuvent présenter les mêmes fonctions. En agissant comme corridors de déplacement entre les milieux naturels ou déjà aménagés sur les propriétés agricoles, ces aménagements contribuent à restaurer la connectivité à l'échelle de la région.

De plus, les différents habitats pour la faune en territoire rural peuvent être avantageusement utilisés pour la pratique de diverses activités telles que l'observation, la chasse, la pêche et le piégeage. La chasse et le piégeage peuvent même représenter une source de revenus pour les propriétaires agricoles et le milieu, tout en permettant de limiter la surabondance de certaines espèces qui peuvent causer des dommages aux cultures.

Il est donc important de réfléchir à quel type d'habitat nous souhaitons bonifier ou quelle espèce nous voulons favoriser sans nuire aux autres espèces déjà présentes. Modifier un habitat qui remplit déjà une fonction écologique en le remplaçant par un autre n'est peut-être pas souhaitable. Aménager pour la biodiversité implique donc de garder en tête notre objectif lors de la conception et de la mise en place de l'aménagement, c'est-à-dire, de diversifier le plus possible les types de végétaux indigènes introduits (espèces, forme, etc.) et favoriser une structure de végétation multistrate, afin de répondre aux besoins de la grande diversité d'espèces fauniques présentes sur notre territoire.



Bourdon terricole, espèce en péril, sur un tournesol
© UPA Montérégie



Goglu des prés, espèce en péril © Jacques Mongeau



Tortue des bois, espèce en péril © UPA Montérégie

5.1 Favoriser les oiseaux champêtres

Les oiseaux champêtres se définissent comme étant les espèces qui utilisent presque exclusivement le milieu agricole comme habitat de nidification (champs, prairies et pâturages). Plusieurs de ces espèces fréquentent aussi des friches agricoles. On compte parmi les oiseaux champêtres des espèces comme les goglus, les sturnelles, les bruants, les hirondelles et bien d'autres.

Au Québec, comme ailleurs en Amérique du Nord, on observe des chutes considérables du nombre d'oiseaux champêtres, si bien que certaines espèces sont maintenant désignées comme étant en situation précaire. Parce que les oiseaux

champêtres se nourrissent d'une grande quantité d'insectes souvent nuisibles aux cultures ainsi que des graines de plantes adventices, la réduction de leur abondance peut ainsi avoir des effets négatifs sur les cultures puisque la lutte qu'exercent naturellement les oiseaux champêtres est réduite.

Lors de leur arrivée dans nos régions au printemps, la majorité des oiseaux champêtres ont besoin de végétation au sol pour se cacher et construire leur nid. C'est pourquoi on les retrouve principalement dans les champs de foin et les pâturages. Toutefois, on constate que le paysage agricole a beaucoup changé au cours des dernières décennies. Les champs de foin et les pâturages sont devenus

plus rares alors que les grandes cultures de maïs et de soya sont omniprésentes dans le sud du Québec. La rareté de leurs habitats, couplée à la fauche des fourrages qui survient durant la période de nidification, ont contribué aux baisses des populations de plusieurs de ces espèces.

Aussi, les haies, les étangs, les bosquets d'arbustes, les grands arbres isolés et les granges fournissent des abris et de la nourriture aux oiseaux champêtres, mais ces milieux sont aujourd'hui moins présents que par le passé sur les fermes du Québec. Enfin, il est maintenant admis que la réduction du nombre d'insectes retrouvés dans les champs en raison de l'utilisation marquée d'insecticides et d'herbicides est une cause importante du déclin de nos hirondelles et autres insectivores aériens qui se nourrissent d'insectes attrapés au vol.



Champ de foin en fauche retardée d'un hectare
© UPA Montérégie

Afin de favoriser la présence d'oiseaux champêtres en coulée agricole, certains aménagements peuvent leur être bénéfiques²⁸ :

- Planter ou maintenir des prairies herbacées et les garder en place pendant de nombreuses années;
- Éviter de faucher les friches herbacées en coulée avant la mi-juillet;
- Planter une grande diversité d'arbres et d'arbustes pour fournir des abris et de la nourriture, pour attirer une grande diversité d'oiseaux et d'insectes, et pour y favoriser une diversité végétale;
- Créer des étangs et des milieux humides pour favoriser la production d'insectes et procurer de la boue aux hirondelles pour la construction de leurs nids;
- Installer des nichoirs pour favoriser certaines espèces (hirondelles, merlebleu, etc.);
- Fournir des perchoirs.

Pour en apprendre davantage

Bérubé Girouard, V., Boulfroy, E. (2023). *Les fiches d'accompagnement pour l'implantation d'aménagements favorisant la biodiversité en milieu agricole*. Fiche No 4 : Comment favoriser les oiseaux champêtres en milieu agricole. CERFO, 6 p. https://cerfo.qc.ca/wp-content/uploads/2023/01/Fiche4_OISEAUX_v16janv2023.pdf

Protection des oiseaux en milieu champêtre, sur le site de QuébecOiseaux, consulté le 23 novembre 2023. <https://www.quebecoiseaux.org/fr/milieu-champetre>

5.2 Favoriser la sauvagine

La sauvagine désigne une catégorie d'oiseaux vivant principalement dans des milieux aquatiques comme les lacs et les marais, et qui sont généralement des espèces migratrices. On pense donc ici aux canards, oies et cygnes tels que la bernache du Canada, l'oie des neiges, le canard colvert et le canard noir. La sauvagine réfère aussi aux canards plongeurs (harles, fuligules, garrots) et aux canards de mer (eiders, macreuses).

Une caractéristique partagée par toutes les espèces de sauvagine est leur besoin essentiel d'un plan d'eau qui servira de lieu d'alimentation et d'élevage des jeunes, ainsi que d'un espace pour construire leur nid. Les plans d'eau peuvent ainsi prendre la forme d'un simple étang ayant une profondeur suffisante pour maintenir une vie aquatique qui

fournira de la nourriture de qualité (insectes, plantes flottantes et submergées). Ces plans d'eau peuvent être vastes et servir de lieu d'élevage et de rassemblement lors des migrations printanières et automnales.

En ce sens, il est important de considérer les étangs de ferme et d'irrigation comme un élément avantageux pour favoriser la biodiversité. La création de ces habitats requiert les permis nécessaires et doit se faire dans les règles de l'art afin qu'ils favorisent réellement les espèces choisies et que ces écosystèmes soient aménagés de façon durable. Le maintien d'une bande herbacée large de quelques mètres au pourtour du plan d'eau fournira aussi des habitats pour diverses espèces fauniques (reptiles, amphibiens, mammifères).



À ceci s'ajoutent les milieux terrestres adjacents aux étangs et plans d'eau et qui seront utilisés pour construire les nids. On pense ici à des prairies herbacées où la végétation sera suffisamment haute et dense pour bien cacher les nids. Lorsque les œufs seront éclos, les oisillons ne demeureront pas au nid, mais se déplaceront plutôt rapidement vers les plans d'eau situés à proximité qui serviront alors de lieux d'élevage. Certaines espèces de canards, comme le canard colvert, peuvent aussi utiliser des structures comme une simple plateforme érigée au centre d'un étang pour y construire leur nid. Il est aussi possible d'installer des nichoirs fermés construits spécifiquement pour des espèces qui nichent dans des cavités comme le canard branchu et les garrots.

Afin de favoriser la présence d'espèces de sauvagine en coulée agricole, certains aménagements peuvent leur être bénéfiques :

- Construire des étangs pour l'alimentation et l'élevage des jeunes (si la réglementation le permet);
- Maintenir des prairies herbacées hautes et denses pour favoriser la nidification des canards;
- Laisser en place des chicots de grande taille pour fournir des cavités naturelles de nidification;
- Installer des nichoirs fermés et des plateformes de nidification.

Pour en apprendre davantage

Canards Illimités Canada (2020). *Bâtir un nichoir pour les canards*. 3 p. <https://wce-education.ducks.ca/images/pdf/nestbox-FR-2020.pdf>

G3E (Groupe d'éducation et d'écosurveillance de l'eau). F-13 : *Fiche action – Travaux d'aménagement et de restauration. Construction de nichoirs pour les canards branchus*. 5 p. https://www.g3e-ewag.ca/documents/action/Fiche_Action_Nichoires.pdf

Hickie, J. (1985). *Habitat management guidelines for waterfowl in Ontario for use in timber management*. Ontario Ministry of Natural Resources, 29 p. <https://docs.ontario.ca/documents/2809/guide-waterfowl.pdf>

Paquet, J., Jutras, J. (1996). *Guides techniques : Aménagement des boisés et terres privés pour la faune. Guide 11 : Aménagement d'un étang pour la sauvagine*. 8 p. https://www.fondationdelafaune.qc.ca/documents/x_guides/705_fascicule11.pdf

5.3 Favoriser les rapaces et les oiseaux de proie

Les oiseaux de proie sont des oiseaux carnivores qui se nourrissent d'autres animaux. On pense ici aux rapaces diurnes (buses, faucons, crécerelles) et nocturnes (hiboux, chouettes). Plusieurs de ces espèces vivent en forêt, mais certaines fréquentent les milieux ouverts comme les champs et les coulées agricoles pour se nourrir ou parfois pour s'y reproduire.

Puisqu'ils sont de grands consommateurs de proies, les rapaces participent à la réduction d'espèces nuisibles aux cultures incluant les insectes (sauterelles, criquets) et les rongeurs. La mise en place d'éléments favorisant leur présence dans les paysages agricoles aidera aussi à soutenir leurs populations.

Les oiseaux de proie qui s'alimentent dans les milieux ouverts ont besoin de perchoirs pour observer les environs. Leur vue perçante leur permet de détecter leurs proies sur de longues distances et c'est pourquoi le maintien de grands arbres isolés, de haies et de bandes riveraines arborescentes procurera des sites de chasse de qualité à ces oiseaux. Les espèces qui bénéficieront de hauts perchoirs sont les buses, les faucons et les crécerelles, tout comme le harfang des neiges en période hivernale. La plantation de piquets de cèdre le long de fossés ou le maintien d'anciennes clôtures permettront aussi d'offrir des sites de guet, de repos ou de parade à de nombreuses espèces. À noter que ces mêmes piquets seront appréciés de plusieurs espèces d'oiseaux champêtres ayant besoin de marquer leur territoire.

De même, le maintien ou la création de prairies herbacées, dont les prairies humides, offrira des habitats pour de nombreux insectes et petits mammifères qui sont des sources importantes de nourriture pour les oiseaux de proie. Ces prairies

pourront aussi être utilisées pour nicher par certaines espèces comme le busard Saint-Martin ou le hibou des marais, une espèce en péril au Canada et au Québec. De même, l'ajout de nichoirs artificiels pourra être bénéfique à la crécerelle d'Amérique et au petit-duc maculé, particulièrement dans des endroits où les cavités naturelles sont manquantes. Des plateformes permettant la construction de nids du balbuzard pêcheur peuvent aussi être installées à proximité de plans d'eau.





Buse à queue rousse © Pierre Pouliot, MELCCFP

Afin de favoriser la présence des oiseaux de proie en coulée agricole, certains aménagements peuvent leur être bénéfiques²⁸ :

- Ensemencer ou maintenir des prairies herbacées et humides et les garder en place pendant de nombreuses années;
- Maintenir les arbres isolés et les chicots pour procurer des sites de guet et des cavités de nidification naturelle;
- Planter des arbres largement espacés lorsqu'ils sont absents du paysage;
- Installer des petits perchoirs pour favoriser le busard des marais et le hibou des marais;
- Installer des nichoirs pour favoriser certaines espèces (crécerelle d'Amérique, petit-duc maculé);
- Installer des plateformes à proximité de plans d'eau poissonneux pour favoriser la nidification du balbuzard pêcheur.



Chicot © CRECO



Faucon pèlerin © Pierre Bernier, MELCCFP

Pour en apprendre davantage

Lamoureux, S., Thibaudeau, S. *Des actions pour la faune en milieu agricole : Les habitats des oiseaux*. Fondation de la faune du Québec, 4 p. https://www.fondationdelafaune.qc.ca/documents/x_guides/755_fiche_oiseaux.pdf

5.4 Favoriser les chauves-souris

On retrouve au Québec huit espèces de chauves-souris et celles-ci sont toutes insectivores. Parmi les espèces présentes au Québec, cinq hibernent dans des cavernes ou des mines désaffectées et trois autres sont migratrices et quittent le Québec l'hiver pour aller vers le sud des États-Unis et les Caraïbes. Chaque espèce a ses préférences en matière d'habitats et de proies²⁹.

Les chauves-souris ont une réelle importance dans les milieux agricoles. En effet, chaque individu peut ingérer chaque nuit l'équivalent de son propre poids en insectes. Les insectes préférés par les chauves-souris sont en grande partie des coléoptères et des papillons de nuit, dont certains comme la chrysomèle du concombre ou la pyrale du maïs sont nuisibles aux cultures. Les chauves-souris sont donc des alliées naturelles du monde agricole et leur service a été évalué à 22,9 milliards de dollars par an en Amérique du Nord³⁰.

Toutefois, l'arrivée en 2006 du syndrome du museau blanc, une maladie fongique qui réveille les chauves-souris lors de leur hibernation et les fait mourir d'épuisement, a provoqué des déclin fulgurants et plusieurs espèces sont maintenant en situation précaire. Leur extinction pourrait provoquer une perte de rendement agricole estimée à 3,7 milliards de dollars³⁰.

Un des besoins essentiels à toutes les espèces de chauves-souris est la disponibilité en insectes. Les plans d'eau et les milieux humides sont des éléments primordiaux aux chauves-souris étant donné que ces habitats produisent beaucoup d'insectes dont elles s'alimentent. Les lisières boisées, les bandes riveraines et les haies d'arbres sont reconnues pour avoir une bonne concentration d'insectes, poussés par le vent et piégés à ces endroits.

De plus, ces éléments de connectivité dans le paysage facilitent le déplacement des chauves-souris entre les habitats. Pour s'abriter, les chauves-souris utilisent surtout des arbres, autant leur feuillage que leurs cavités comme des fissures du tronc, des trous de pics ou des morceaux d'écorce. Les chicots servent aussi de lieux de naissance et d'élevage pour chauves-souris. Comme les chicots sont de plus en plus rares en forêt avec les pratiques actuelles, les chauves-souris peuvent aussi utiliser des bâtiments pour s'abriter et se reproduire. Les femelles sont très fidèles à leur maternité (lieux de mise bas) et retournent d'été en été au même emplacement si celui-ci reste disponible²⁹.



Chauve-souris nordique © Francis Lessard, MELCCFP



Pipistrelle de l'Est © Frédérick Lelièvre, MELCCFP



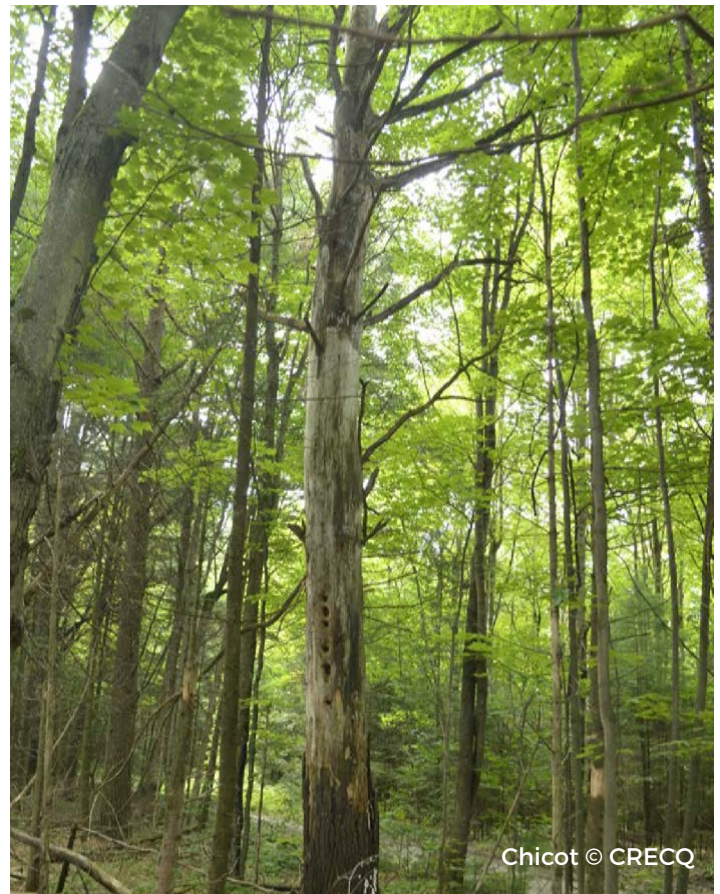
Petites chauves-souris brunes © Frédérick Lelièvre, MELCCFP



Dortoir à chauves-souris © CRECQ

Afin de favoriser la présence des chauves-souris en coulée agricole, certains aménagements peuvent leur être bénéfiques :

- Planter des haies d'arbres ou des bandes riveraines hautes et diversifiées, connectées ensemble ou avec des îlots boisés;
- Maintenir les arbres morts ou mourants sur pied, ainsi que les arbres ayant un bon potentiel de devenir un chicot (érable, bouleau jaune, orme, chêne, pin);
- Installer des dortoirs artificiels à chauves-souris (idéalement chauffés) si une forte présence de chauves-souris ou un site de maternité est connu dans le secteur.



Chicot © CRECQ

Pour en apprendre davantage

Groupe Chiroptères du Québec (2015). *Guide pratique pour la conservation des chauves-souris en milieu agricole*. 34 p. https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Agroenvironnement/14-BIO-20_Guide.pdf

5.5 Favoriser les amphibiens, les tortues et les couleuvres

Les amphibiens et les reptiles, communément appelés « herpétofaune », constituent un groupe de 37 espèces de grenouilles, salamandres, tortues et couleuvres. Ces espèces sont présentes partout dans les paysages agricoles de la province. On les retrouve essentiellement à l'intérieur et en périphérie des milieux humides ou hydriques. Les couleuvres, quant à elles, affectionnent également les zones à la jonction des boisés et des milieux ouverts comme les champs.

Depuis toujours, les amphibiens et les reptiles font partie de la chaîne alimentaire des écosystèmes agricoles et forestiers du Québec. Ces espèces sont à la fois prédatrices et proies. Leur abondance et répartition omniprésente en font des espèces importantes dans le maintien de l'équilibre entre les différents maillons de la chaîne alimentaire dans laquelle s'insèrent les cultures agricoles. Leur présence constitue un bon indicateur de la santé du milieu.



Couleuvre rayée © UPA Montérégie

Comme leur nom l'indique, les amphibiens évoluent autant sur la terre que dans l'eau. Ils colonisent ainsi les habitats riverains tels que les coulées agricoles. Ils sont dépendants de l'eau pour la ponte des œufs, le développement des têtards, l'alimentation, la régulation de leur température et humidité, ainsi que l'hibernation. Ils occupent les cours d'eau, les mares temporaires au printemps, les marais, les étangs ou autres points d'eau peu profonds où l'eau est chaude et la végétation aquatique abondante. Les têtards s'y nourrissent de matière végétale lors des premiers stades de développement, puis ingèrent en vieillissant de plus en plus de proies animales telles que les insectes et autres invertébrés qui se reproduisent dans l'eau. Un bon couvert végétal dans l'habitat riverain leur est essentiel pour conserver l'humidité au sol et leur permettre de se déplacer en milieu terrestre où ils se nourrissent d'insectes et autres invertébrés.

Plus spécifiquement, les tortues habitent également les milieux aquatiques et riverains. La plupart des espèces de tortues quittent le milieu aquatique seulement au moment de la ponte alors que les femelles recherchent un substrat nu et bien drainé, tel que le sable ou le gravier, pour y creuser un nid dans lequel elles déposent leurs œufs. Une espèce, la tortue des bois, utilise les habitats terrestres bordant la rivière, tels que les champs, les prairies humides et les aulnaies, pour s'y alimenter durant l'été. Le milieu aquatique doit fournir aux tortues une eau chaude, des perchoirs pour s'exposer au soleil, ainsi que des ressources alimentaires telles que des invertébrés, amphibiens et poissons. Pour sa part, le milieu terrestre adjacent doit offrir un couvert végétal pour leur permettre de s'abriter des prédateurs, puis des substrats à nu pour accueillir la ponte. En hiver, les tortues ont besoin d'un plan d'eau assez profond pour hiberner à l'abri du gel.

Les couleuvres recherchent quant à elles des habitats qui leur permettent de combler à la fois leurs besoins alimentaires et leur besoin d'exposition au soleil. Ainsi, les espèces qui se nourrissent de grenouilles préfèrent les habitats riverains, alors que celles qui se nourrissent de salamandres ou de petits rongeurs occupent davantage les zones à la jonction des boisés et des milieux ouverts. Toutes les espèces ont besoin d'abris, tels que des amas de roches, pour se cacher des prédateurs et s'y faire chauffer. Pour passer l'hiver, les couleuvres doivent trouver un site à l'abri du gel, souvent sous la terre.



Afin de favoriser la présence des amphibiens et des reptiles en coulée agricole, certains aménagements peuvent leur être bénéfiques :

- Créer ou restaurer des milieux humides : étang, marais ou mares temporaires;
- Ensemencer ou maintenir des prairies herbacées et les garder en place pendant de nombreuses années;
- Planter des arbres et des arbustes;
- Aménager des sites de ponte pour les tortues;
- Installer des perchoirs dans les milieux aquatiques pour que les tortues puissent s'exposer au soleil;
- Aménager des abris et des sites d'hibernation pour les couleuvres.

Pour en apprendre davantage

SHNVSL (2015). *Guide de conservation des amphibiens, des reptiles et de leurs habitats en milieu agricole*. Société d'histoire naturelle de la vallée du Saint-Laurent, Sainte-Anne-de-Bellevue, Québec, 62 p. https://oaq.qc.ca/wp-content/uploads/2016/05/SHNVSL_Guide-amphibiens-reptiles-milieu-agricole_lowres_v2.pdf

Picard, A., Thibaudeau, S. (2010). *Des actions pour la faune en milieu agricole : Les habitats des amphibiens et reptiles*. Fiche technique. Fondation de la faune du Québec, Québec, 4 p. https://fondationdelafaune.qc.ca/documents/File/FICHE_AMPHIBIENS.pdf

5.6 Favoriser les pollinisateurs

Les pollinisateurs sont des alliés incontournables en agriculture pour assurer la pollinisation des plantes cultivées et des arbres fruitiers, notamment des pommes, fraises, canneberges, bleuets et corymbes. Leur contribution bénéficie à près de 70 % des plantes cultivées. Au Québec, leur valeur commerciale est donc estimée à 166 millions de dollars.

Les pollinisateurs présents dans la province, comme les abeilles et les bourdons, regroupent plus de 350 espèces indigènes³¹. Malheureusement, ces insectes sont en déclin au niveau mondial. Cela pourrait être dû à la destruction des habitats, l'appauvrissement de nourriture, les maladies, ainsi que l'exposition à certains pesticides³¹.

Les pollinisateurs ont besoin d'un habitat varié, composé de bois et de structures naturelles diversifiées, à différentes étapes de leur cycle de vie³². La présence de nombreuses plantes à fleurs et de haies arbustives ou arborescentes leur sera bénéfique en permettant de diminuer la vitesse du vent et en leur offrant des sites ombragés. De plus, cette diversité leur est nécessaire d'un point de vue alimentaire, car ils ont besoin d'une variété de vitamines et minéraux pour survivre. Ainsi, un apport insuffisant de pollen rend ces insectes vulnérables aux pathogènes et pesticides³². Notons également que certaines espèces de pollinisateurs se protègent aussi contre les parasites grâce aux bienfaits des plantes médicinales telles que les tournesols³¹.

Finalement, un sol non travaillé offrira des sites propices à leur nidification souterraine. La présence d'un point d'eau à proximité leur assurera également une source d'abreuvement³³.

Afin de favoriser la présence des pollinisateurs en coulée agricole, certains aménagements peuvent leur être bénéfiques³³ :

- Favoriser une floraison s'étalant sur toute la saison;
- Planter des fleurs variées et attractives constituant une bonne source de pollen et de nectar;
- Varier les strates de végétation afin d'inclure des herbacées, arbustes et arbres (diversité verticale);
- Encourager la nidification des pollinisateurs en conservant des zones non perturbées, en limitant le travail de sol (sol sableux) et en disposant de débris ligneux et de roches.



Bourdon terricole dans un aménagement fleuri agricole © UPA Montérégie



Chenille de monarque sur une asclépiade
© UPA Montérégie



Punaise prédatrice © Mylène St-Onge

Favoriser les insectes prédateurs et parasitoïdes

Les insectes en milieu agricole sont souvent perçus négativement comme ravageurs des cultures. Toutefois, plusieurs insectes sont des auxiliaires bénéfiques aux cultures tels que les pollinisateurs, les insectes prédateurs et les parasitoïdes.

Pour que les prédateurs et les parasitoïdes soient efficaces dans la lutte aux insectes ravageurs, ils doivent être présents dans le champ dès le début d'une infestation et se reproduire rapidement et abondamment. L'aménagement d'une coulée agricole biodiversifiée permet la création d'un réservoir d'ennemis naturels aux ravageurs des cultures. En effet, celle-ci procurera abris et nourriture aux auxiliaires de culture, ce qui accroîtra leur taux de survie et leur taux de reproduction. Par les services qu'ils rendent en limitant l'impact des insectes nuisibles au champ, les aménagements de coulées agricoles en faveur de la biodiversité sont bénéfiques pour les cultures avoisinantes.



Aphidius parasitant pucerons © Mylène St-Onge

5.7 Services écologiques rendus par l'aménagement réalisé

Les propositions d'aménagements réalisés en coulée agricole décrites précédemment rendent également de précieux services écologiques. La matrice suivante présente divers types d'aménagements et les bénéfices attendus pour la biodiversité et en termes de services écologiques rendus.



© Mylène St-Onge

Tableau 5.1 Groupes fauniques favorisés et services écologiques rendus par les aménagements réalisés

Aménagements	Type de pratique *	Groupes fauniques							Services écologiques			
		Amphibiens, tortues et couleuvres	Oiseaux champêtres	Sauvagine	Pollinisateurs	Poissons	Rapaces et oiseaux de proie	Chauves-souris	Connectivité écologique	Service de pollinisation	Contrôle des ravageurs	Gestion de l'érosion des rives
Étang, marais	R	X	X	X	X	X	X	X			X	
Arbres fruitiers	B		X		X				X	X	X	
Îlot végétalisé (arbres et arbustes)	R	X	X		X		X	X	X	X	X	X
Nichoirs	B		X	X			X	X			X	
Hibernacles/abris	B	X			X						X	
Prairie	R	X	X	X	X		X	X			X	X
Pré fleuri	R	X	X		X					X	X	X
Amas de roches	R	X			X						X	
Génie végétal	R	X				X						X
Haie brise-vent	R		X		X		X	X	X	X	X	
Bande riveraine diversifiée	R	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cours d'eau	R	X				X						

* B : Bonification; R : Restauration

Attention : il est important de bien réfléchir à quel type d'habitat nous souhaitons bonifier ou quelle espèce nous voulons favoriser sans nuire aux autres espèces déjà présentes. Simplement modifier un habitat qui remplit déjà une fonction écologique en le remplaçant par un autre n'est peut-être pas souhaitable. Aménager pour la biodiversité implique donc de garder en tête notre objectif lors de la conception et de la mise en place de l'aménagement, c'est-à-dire, de diversifier le plus possible les types de végétaux indigènes introduits (espèces, forme, etc.) et favoriser une structure de végétation multistrate, afin de répondre aux besoins de la grande diversité d'espèces fauniques présentes sur notre territoire.

5.8 Attention aux espèces végétales exotiques envahissantes!

Les plantes exotiques envahissantes sont des espèces non indigènes de la flore qui, lorsqu'elles sont introduites ou se propagent, menacent tout autant les milieux naturels qu'agricoles. Elles peuvent avoir pour effet de réduire la diversité biologique, d'altérer la structure et la fonction des écosystèmes, ainsi que de causer d'importants dommages aux cultures. Il n'est donc pas étonnant que l'aménagement d'habitats pour la faune soulève des inquiétudes quant à leur propagation.



Phragmites © JPA Montérégie

Il existe une multitude de plantes nuisibles à l'agriculture. Les plus susceptibles d'envahir naturellement les rives et les fossés agricoles sont le roseau commun et la renouée du Japon.

Les sols dénudés sont également propices à la prolifération de plantes indésirables dans les cultures céréalières et fourragères telles les amarantes, les moutardes, le chénopode blanc, les digitales et nombreuses autres dont le degré de nuisance est de faible à élevé. Que ce soit en rive ou ailleurs, la meilleure manière d'éviter leur propagation est de semer immédiatement des espèces végétales compétitives à croissance rapide là où le sol a été mis à nu.

Si des espèces exotiques envahissantes sont déjà présentes sur les sites envisagés pour la réalisation d'aménagements fauniques, il est fortement recommandé de les éradiquer, soit par excavation ou arrachage, tout en respectant la réglementation en vigueur lorsqu'on se trouve dans la bande riveraine. Le bâchage n'est pas idéal puisqu'il peut mettre plusieurs années à venir à bout des plantes les plus robustes. En dernier recours, des herbicides homologués peuvent être utilisés. Assurez-vous que la réglementation en vigueur le permette et que les conditions d'utilisation du produit soient bien respectées. Diverses précautions sont également de mise lors des opérations d'éradication pour ne pas créer de problèmes ailleurs. Tous les résidus de la plante (tiges, racines, terre, etc.) doivent notamment être jetés aux ordures ou enfouis à une profondeur minimale de 2 mètres, ou encore acheminés vers un lieu autorisé à les recevoir (ex. : lieu d'enfouissement technique). A posteriori, il faut aussi nettoyer l'équipement qui a été en contact avec la plante afin d'éviter de disperser des fragments de tiges et de rhizomes, ou encore des graines lors du déplacement de machinerie et du transport de terre.



Nerprun cathartique © CRE Laval

Pour en apprendre davantage

Symptômes et dommages, sur le site Iriis phytoprotection, consulté le 23 novembre 2023. <https://www.iriisphytoprotection.qc.ca/>

Espèces exotiques envahissantes, sur le site Québec, consulté le 23 novembre 2023. <https://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes-exotiques-envahissantes/index.asp>

Martel, M.-J. (2021). *Guide de gestion du nerprun bourdaine pour les propriétaires forestiers*. Agence de mise en valeur de la forêt privée de l'Estrie, Cookshire-Eaton, 52 p.

Guide-Nerprun_FR.pdf (agenceestrie.qc.ca)

Lavoie, C. (2019). *50 plantes envahissantes*. Les publications du Québec, 416 p.



ALUS

Les productrices et producteurs agricoles de certaines régions du Québec pourraient être éligibles à une rétribution financière pour l'aménagement de superficies agricoles au bénéfice de la biodiversité par le programme privé ALUS. Renseignez-vous auprès de votre fédération régionale de l'UPA!

Pour en apprendre davantage

Cogliastro, A., Vézina, A., Rivest, D. (2022). *Guide d'aménagement de systèmes agroforestiers*. Centre de références en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ), 97 p.

Fondation de la faune du Québec et Union des producteurs agricoles (2011). *Manuel d'accompagnement pour la mise en valeur de la biodiversité des cours d'eau en milieu agricole*. 122 p.

Pelletier-Guittier, C., Théau, J., Dupras, J. (2020). *Use of hedgerows by mammals in an intensive agricultural landscape*. Agriculture, Ecosystems & Environment 302 : 107079. <https://www.crcecoeco.ca/wp-content/uploads/2020/07/Pelletier-Guittier-al-2020-AEE.pdf>

Connaître pour mieux protéger, sur le site L'Union des producteurs agricoles Montérégie, consulté le 23 novembre 2023. <https://monteregie.upa.qc.ca/producteur/agroenvironnement/especes-en-peril>

Espèces en péril, sur le site L'Union des producteurs agricoles Estrie, consulté le 23 novembre 2023. <https://estrie.upa.qc.ca/producteur/environnement-et-faune/especes-en-peril>

SHNVSL (2015). *Guide de conservation des amphibiens, des reptiles et de leurs habitats en milieu agricole*. Société d'histoire naturelle de la vallée du Saint-Laurent, Sainte-Anne-de-Bellevue, Québec, 62 p. https://oaq.qc.ca/wp-content/uploads/2016/05/SHNVSL_Guide-amphibiens-reptiles-milieu-agricole_lowres_v2.pdf

Dion, C., Lamoureux, S. (2019). *Guide de recommandations – Aménagements et pratiques favorisant la protection des oiseaux champêtres, 2e édition*. QuébecOiseaux, Montréal, 198 p. https://cdn.ca.yapla.com/company/CPYcN9TsIMHKJSLwzd8PIVrDo/asset/files/Guide_CHAMP_2021_FR_150dpi.pdf

Paquet, J., Jutras, J. (1996). *Guides techniques : aménagement des boisés et terres privées pour la faune. Guide 11 : Aménagement d'un étang pour la sauvagine*. 8 p. https://www.fondationdelafaune.qc.ca/documents/x_guides/705_fascicule11.pdf

Lévesque, J., St-Laurent, S. A. (2016). *Pollinisateurs en milieu agricole : outil d'aide à la décision. Grille diagnostique et feuillets d'accompagnement. Outil réalisé dans le cadre du projet Ferme amie des abeilles*. Québec, Nature Québec, Grille diagnostique, 14 p. https://naturequebec.org/wp-content/uploads/2019/11/Outil-daide-%C3%A0-la-d%C3%A9cision_Pollinisateurs-en-milieu-agricole_complet.pdf

Thibaudeau, S. *Des actions pour la faune en milieu agricole : Les habitats des poissons*. Fondation de la faune du Québec, 4 p. https://www.fondationdelafaune.qc.ca/documents/x_guides/968_fiche_poissons.pdf

Groupe Chiroptères du Québec (2015). *Guide pratique pour la conservation des chauves-souris en milieu agricole*. 34 p. https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Agroenvironnement/14-BIO-20_Guide.pdf

6. Conclusion

Par leur contexte géophysique particulier, la conception et la mise en œuvre de projets de valorisation des coulées agricoles au Québec soulèvent plusieurs défis, notamment d'un point de vue réglementaire et de sécurité civile. À ce sujet, rappelons qu'il est de la responsabilité des propriétaires de s'informer de la réglementation en vigueur avant d'entreprendre tout projet en coulée agricole, et qu'un accompagnement d'une personne compétente pour ce faire ne peut que favoriser l'atteinte des objectifs que ceux-ci visent.

De surcroît, la valorisation de ces secteurs est susceptible de produire d'importants bénéfices à la fois pour les entreprises agricoles qui en sont propriétaires, pour la qualité de l'eau des cours d'eau situés en aval, ainsi que pour la biodiversité et les services écologiques qu'elle dispense aux collectivités.

Le projet *Transfert de connaissances sur les bonnes pratiques d'aménagement et de valorisation des coulées agricoles* qui s'est conclu à l'automne 2024 a notamment accompagné trois entreprises

agricoles dans l'aménagement et la valorisation de leur coulée agricole. Ces vitrines de démonstration ont également fait l'objet de fiches détaillant pour chacune d'elles les plans, les coûts et les objectifs visés par les propriétaires. Elles représentent ainsi une source d'informations à la fois complémentaires et pragmatiques au présent guide et arbre décisionnel.

En terminant, rappelons qu'il existe plusieurs programmes de subvention qui peuvent aider les propriétaires à réaliser de tels aménagements sur leurs terres. Puisque ces programmes sont en constante évolution, il est recommandé de discuter avec des spécialistes oeuvrant dans les ministères provinciaux, les municipalités régionales de comté, les municipalités, les clubs-conseils en agroenvironnement, les organismes de bassin versant, les conseils régionaux de l'environnement, les conseillers forestiers et les fédérations régionales de l'UPA en amont de la mise en œuvre de projets de ce type afin de s'assurer de profiter des différents leviers financiers disponibles.



© UPA Montérégie

7. Bibliographie

1. Cadre mondial de la biodiversité de Kunming à Montréal, sur le site de l'ONU, consulté le 23 novembre 2023. <https://www.unep.org/fr/resources/cadre-mondial-de-la-biodiversite-de-kunming-montreal> (la cité autrement).
2. Domon, G., Bouchard, A. (2005). The landscape history of Godmanchester (Québec, Canada) : two centuries of shifting relationships between anthropic and biophysical factors. *Landscape ecol.*, 14 p.
3. Ruiz, J., Domon, G., Jambon, C., Paquin, C., Rousselle-Brosseau, L.-P. (2012). Connaître et comprendre les paysages d'aujourd'hui pour penser ceux de demain. Le diagnostic paysager de la MRC des Maskoutains. Chaire en paysage et environnement de l'Université de Montréal et Université du Québec à Trois-Rivières, 87 p.
4. Thwaites, R. N., Brooks, A. P., Pietsch, T. J., Spencer, J. R. (2022). What type of gully is that ? The need for a classification of gullies. *Earth Surface Processes and Landforms*, 47(1), p. 109-128.
5. Glissement de terrain dans les dépôts meubles - Types et causes, sur le site MAMH, consulté le 3 novembre 2023. <https://www.quebec.ca/securite-situations-urgence/urgences-sinistres-risques-naturels/quoi-faire-avant-pendant-apres-urgence-sinistre>
6. Glissement de terrain, sur le site Québec, consulté le 23 novembre 2023. <https://www.quebec.ca/securitesituations-urgence/urgences-sinistres-risquesnaturels/quoi-faire-avant-pendant-apres-urgence-sinistre/glisement-terrain>
7. Bélanger, G., Claessens, A., Thivierge, M.-N., Tremblay, G. (2022). Guide de production – Plantes fourragères. 2e édition. Volume 1. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, 273 p. <https://www.craaq.qc.ca/Publications-du-CRAAQ/guide-de-production-plantes-fourrageres-2e-edition-volume-1/p/PPLF0117>
8. Vanasse, A. (2018). Guide de production – Céréales d'automne. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, 98 p. https://www.craaq.qc.ca/Publications-du-CRAAQ/guide-de-productioncereales-d_automne/p/PGCC0103
9. Vanasse, A., Thibaudeau, S., Weill, A. (2022). Guide des cultures de couverture en grandes cultures. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, 204 p. <https://www.craaq.qc.ca/Publications-du-CRAAQ/guide-des-cultures-de-couverture-en-grandes-cultures/p/PSOL0109>
10. Massicotte, D., Denis, J. (2000). Guide des Pratiques de conservation en grandes cultures - Feuillet 2B. Conseil des productions végétales du Québec inc., 15 p. <https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/Feuillet2B.pdf>
11. Massicotte, D., Denis, J., Lamarre, G. (2000). Guide des Pratiques de conservation en grandes cultures - Feuillet 2C. Conseil des productions végétales du Québec inc., 17 p. <https://www.agrireseau.net/documents/62392/guide-des-pratiques-de-conservation-en-grandes-cultures-le-semis-direct>

12. Desjardins, D. (2019). Fiches techniques de la SQP. 2. La stabilisation des pentes. Société québécoise de phytotechnologie, 16p. https://www.phytotechno.com/wp-content/uploads/2019/05/SQP_FicheTechnique_StabilisationPentes.pdf
13. Cogliastro, A., Vézina, A., Rivest, D. (2022). Guide d'aménagement de systèmes agroforestiers. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, 97 p.
14. Biron, P. M., Buffin-Bélanger, T., Larocque, M., Choné, G., Cloutier, C.- A., Ouellet, M.- A., Demers, S., Olsen, T., Desjarlais, C., Eyquem, J. (2014). Freedom space for rivers : A sustainable management approach to enhance river resilience. *Environmental management*, 54, p. 1056-1073.
15. Florsheim, J. L., Mount, J. F., Chin, A. (2008). Bank erosion as a desirable attribute of rivers. *BioScience*, 58(6), p. 519-529.
16. Buffin-Bélanger, T., Biron, P. M., Larocque, M., Demer, S., Olsen, T., Choné, G., Cloutier, C.-A., Ouellet, M.- A., Desjarlais, C., Eyquem, J. (2015). Freedom space for rivers : An economically viable river management concept in a changing climate. *Geomorphology*, 251, p. 137-148.
17. Simon, A., Darby, S. E. (2002). Effectiveness of grade-control structures in reducing erosion along incised river channels : the case of Hotophia Creek, Mississippi. *Geomorphology*, 42(3-4), p. 229-254.
18. Wheaton, J.M., Bennett, S.N., Bouwes, N., Maestas, J.D., Shahverdian, S.M. (2019). *Low-Tech Process Based Restoration of Riverscapes : Design Manual. Version 1.0.* Utah State University Restoration Consortium, Logan, 286 p.
19. Guide d'utilisation des cartes de contraintes relatives aux glissements de terrain dans les dépôts meubles, sur le site MAMH, consulté le 23 novembre 2023. https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/affaires-municipales/publications/amenagement_territoire/orientations_gouvernementales/guide_utilisation_cartes_contraintes.pdf
20. Données Québec, sur le site Partenariat Données Québec, consulté le 23 novembre 2023. <https://www.donneesquebec.ca/>
21. Cadre normatif pour le contrôle de l'utilisation du sol dans les zones de contraintes relatives aux glissements de terrain dans les dépôts meubles, Tableau 2.2, sur le site MAMH, consulté le 23 novembre 2023. https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/affaires-municipales/publications/amenagement_territoire/orientations_gouvernementales/BRO_ogat_cadre_normatif_glissements_terrain.pdf
22. Boily, A. (2001). L'entaillage et le rendement. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, 11 p. <https://www.agrireseau.net/erable/documents/acer15.pdf>

23. Pettigrew, A., Lacroix, C., Choquette, D., Turcotte-Côté, E., Gendron, F., Drouin, J. (2020). Les arbres de Noël au Québec – de la plantation à la mise en marché. L'Association des producteurs d'arbres de Noël du Québec et le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, 5 p. https://www.agrireseau.net/references/29/Guide%20de%20culture%20Arbres%20de%20Noël/Fiche01_Les%20arbres%20de%20Noël%20au%20Québec/VF_Fiche_Les%20arbres%20de%20Noel%20au%20Qc.pdf
24. Labrecque, M., Lajeunesse, S.L. (2017). Guide de production des saules en culture intensive sur courtes rotations. Institut de recherche en biologie végétale, 29 p. https://www.agrireseau.net/documents/Document_96859.pdf
25. WSP (2021). Inventaire de la biomasse disponible pour produire de la bioénergie et portrait de la production de la bioénergie sur le territoire québécois. Rapport réalisé par WSP Canada Inc. pour le compte du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, 277 p. <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/4645421>
26. Dhondt, A. A., Wrege, P. H., Cerretani, J., Sydenstricker, K. V. (2007). Avian species richness and reproduction in short-rotation coppice habitats in central and western New York. *Bird Study*, 54, p. 12-22.
27. Lussier, C., Riel, M.-C., Besnier, C., Sabourin, A., Papineau, J.-G., Bisson, C., Labrie, G., Bouchard, J. (2014). Agrosylviculture riveraine de Missisquoi. Coopérative de Solidarité du bassin versant de la rivière aux Brochets, CRÉ-Montérégie-Est, Bedford (Québec), 131 p.
28. Dion, C., Lamoureux, S. (2019). Guide de recommandations – Aménagements et pratiques favorisant la protection des oiseaux champêtres, 2e édition. QuébecOiseaux, Montréal, 198 p. <https://www.agrireseau.net/legumeschamp/documents/93427/guide-de-recommandations-%E2%80%93-amenagements-et-pratiques-favorisant-la-protection-des-oiseaux-champetres>
29. Boyles, J.-G., Cryan, P.-M., McCracken, G.-F., Kunz, T.-H. (2011). Economic importance of bats in agriculture. *Science*, 332(6025), p. 41-42.
30. Groupe Chiroptères du Québec (2015). Guide pratique pour la conservation des chauves-souris en milieu agricole. 34 p. https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Agroenvironnement/14-BIO-20_Guide.pdf
31. Protection des insectes pollinisateurs, sur le site Gouvernement du Canada, consulté le 23 novembre 2023. <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/securite-produits-consommation/pesticides-lutte-antiparasitaire/agriculteurs-utilisateurs-commerciaux/protection-insectes-pollinisateurs.html>
32. Conserver les pollinisateurs. Les conditions d'une vie bourdonnante : connaître les besoins des pollinisateurs, sur le site Pollinis, consulté le 23 novembre 2023. <https://www.pollinis.org/publications/les-conditions-dune-vie-bourdonnante-connaître-les-us-et-coutumes-des-pollinisateurs/>
33. Gauvreau, M.-C., Boulfroy, E. (2023). Comment favoriser les pollinisateurs en milieu agricole. CERFO, 8 p. https://www.agrireseau.net/documents/Document_110430.pdf

